



**Departamento de
Ingeniería Mecánica**
Universidad Zaragoza



**Escuela
Universitaria
Ingeniería
Técnica
Industrial
ZARAGOZA**

PROYECTO FINAL DE CARRERA

“ESTUDIO PRELIMINAR DEL ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA DEL CICLO INTEGRAL DEL AGUA URBANA EN ZARAGOZA”

AUTOR

Félix Sáez-Benito Díaz

DIRECTORES

Javier Uche Marcuello

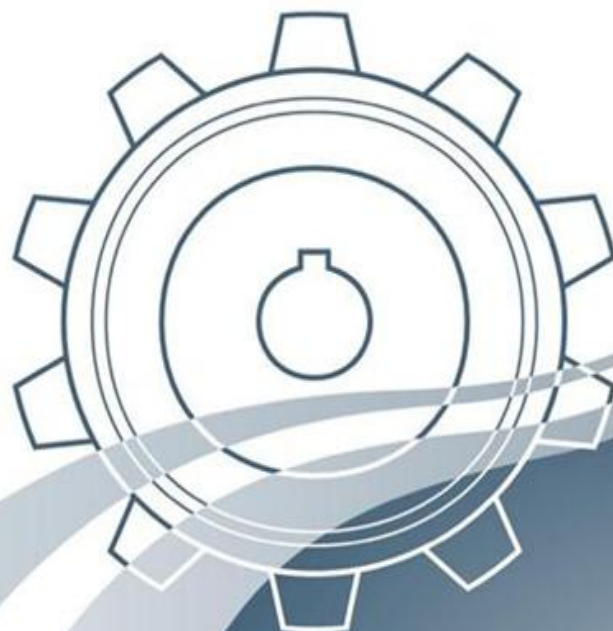
Amaya Martínez Gracia

ESPECIALIDAD

Mecánica

CONVOCATORIA

Septiembre 2011



RESUMEN

El presente PFC pretende presentar de forma preliminar el análisis de ciclo de vida (ACV) del ciclo urbano de la ciudad de Zaragoza, con el fin de que sea utilizado como herramienta de gestión medioambiental en la toma de decisiones de nuevas actuaciones en la ciudad. El análisis es parcial en el sentido de que evalúa el impacto asociado a la obra civil (etapa de montaje) de las infraestructuras y a los consumos energéticos y de materiales (etapa de procesos) en el ciclo de urbano del agua de la ciudad de Zaragoza. Queda pendiente incluir la etapa de desmantelamiento final de las infraestructuras tras su vida útil.

Se trata de un estudio pionero en este ámbito, ya que incorpora la etapa del ciclo correspondiente a la construcción, lo que supone una novedad importante en relación con los trabajos existentes, dada la ingente cantidad de datos necesarios para realizar esta etapa (en el inventario). En general, en estudios similares de ACV sólo se incluyen los impactos asociados a la etapa de proceso.

El capítulo 1 constituye la introducción y motivación de este PFC. En el capítulo 2 se explica de forma general el ciclo integral del agua urbana con el fin de definir convenientemente las distintas partes del mismo. Para la mejor comprensión de este proyecto, en el capítulo 3, se explica la metodología del Análisis de Ciclo de Vida (ACV), identificando las distintas etapas.

Finalmente, en el capítulo 4, el más amplio de todos y donde se concentra la mayor carga de trabajo, se muestra el caso de estudio desarrollado: el ACV del ciclo integral del agua en Zaragoza. El Análisis de Inventario asociado a este estudio se componía de una cantidad masiva de datos, entre los cuales aparecían numerosas bombas, tanto en abasto y distribución como en saneamiento de las que no se

disponían datos concretos. Para ello, se han realizado unas curvas en función de la potencia que permiten estimar el peso de los materiales de bombas de similares características. También se han desagregado los materiales de composición de las mismas mediante este tipo de estimaciones para el ACV.

En el punto 4.6 se presentan los resultados obtenidos con el SimaPro (el software utilizado para realizar el ACV del ciclo del agua). Dichos resultados se alimentan del Análisis de Inventario (ICV) previo requerido. Los resultados se han obtenido mediante tres métodos: ReCiPe Midpoint (E), Eco-Indicador 99^o y IPCC a 100 años.

El estudio se ha centrado en el ReCiPe Midpoint (E), porque es el más actual y su base de datos ofrece menos incertidumbre. En segundo lugar, se ha valorado el Eco-Indicador 99, puesto que se centra en categorías de impacto sobre la salud humana y permite la comparación con estudios similares (que utilizaron sólo este método). En tercer lugar, el IPCC, se halla en el anexo B, ya que incluye una categoría de impacto conocida universalmente, aunque en este estudio no de gran cantidad de información relevante.

Las comparativas se han llevado a cabo a nivel general, agrupando todas las partes del ciclo (captación, potabilización, red de abasto, red de uso urbano, red de saneamiento y depuración) y a nivel local de cada etapa del ciclo integral del agua.

Los resultados muestran que la etapa del uso urbano, que incluye el consumo energético para producir ACS en las viviendas, es la etapa más impactante del ciclo. No obstante, hay que tomar con mucha cautela los resultados obtenidos en el ACV de todo el ciclo: hay pendientes de introducir en el software el consumo de ciertos recursos naturales como el uso de la tierra y el consumo físico de agua, que pueden afectar a los resultados finales sobre todo en las instalaciones de uso intensivo de espacio físico (captación en embalses, por ej.). También reseñar que la etapa de desmantelamiento (y destino final de dichos materiales) final tampoco está todavía incluida en el software.

La comparativa a nivel particular, en este caso la comparativa se localiza entre las 2 depuradoras (EDAR) y la potabilizadora (ETAP) por un lado, y entre los distintos procesos de captación por otro. En este nivel, es posible apreciar el efecto del factor de escala de las instalaciones en cuanto a su impacto ambiental global menor.

Por último, la información adicional recogida en el anexo A incluye los datos técnicos de las bombas reales que han servido para caracterizar el resto de bombas, y el anexo C se incluye los materiales y procesos seleccionados de la base de datos de SimaPro (v7.2) para realizar el ACV en este proyecto.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer, los logros de este trabajo en primer lugar, a mis directores de proyecto Javier y Amaya, por su labor e implicación a lo largo de la realización del proyecto. Este trabajo me ha aportado un conocimiento que realmente me interesaba.

Para realizar este proyecto ha sido necesario obtener una gran cantidad de información proveniente de los responsables del Ciclo Integral del Agua en Zaragoza (Área de Infraestructuras del Ayuntamiento, Utedeza y DAM). Sin la ingente información suministrada por su personal, no habría sido posible realizar el inventario que es la base de este proyecto fin de carrera.

También quiero agradecer el apoyo técnico en cuestiones relacionadas con el software SimaPro a Maider Gómez, investigadora del grupo BERA (Biomasa, Evaluación Recursos y Aprovechamiento) del área de Recursos Naturales de CIRCE (Centro de Investigación de Recursos y Consumos Energéticos), experta en ACV.

A nivel personal, también a mis amigos/as de infancia y Universidad, con los que he vivido grandes momentos en estos maravillosos años.

A mi novia Ana, con la que llevo compartidos momentos que jamás olvidaré.

A mi tío Venancio, autor de los libros del célebre Doctor Escarpinosa, por realizar la corrección sintáctica y gramática de este proyecto.

Y por último, y no menos importante, a mi madre Lucia, sin la cual y gracias a su perseverancia en momentos difíciles, he podido llegar hasta aquí. A mi padre

Félix; él me enseñó el significado de la palabra honor y amistad. Y por ultimo mi hermano Lucas; gracias a él, nunca he estado solo en esta vida.

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN. OBJETO Y ALCANCE DEL PFC	14
1.1	REVISION BIBLIOGRÁFICA.....	16
2	CICLO INTEGRAL DEL AGUA.....	23
2.1	DESCRIPCIÓN DEL CICLO INTEGRAL DEL AGUA.....	25
2.1.1	CAPTACIÓN	25
2.1.2	POTABILIZACIÓN.....	26
2.1.3	RED DE ABASTECIMIENTO	27
2.1.4	RED DE DISTRIBUCIÓN	30
2.1.5	RED DE SANEAMIENTO	31
2.1.6	DEPURACIÓN	33
2.1.7	REUTILIZACIÓN	34
2.1.8	VERTIDO	34
3	ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA	36
3.1	ASPECTOS GENERALES DEL CICLO DE VIDA.....	36
3.1.1	INTRODUCCIÓN.....	37
3.1.2	DEFINICIÓN DE OBJETIVOS.....	40
3.1.3	ANÁLISIS DE INVENTARIO	41
3.1.4	EVALUACIÓN DE IMPACTOS.....	42
3.1.5	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	44
3.1.6	ELABORACIÓN DEL INFORME FINAL	45
3.1.7	REVISIÓN CRÍTICA.....	45

3.2	MÉTODOS DE CÁLCULO	46
3.2.1	ReCiPe MidPoint (E)	47
3.2.2	Eco-Indicador 99"	49
3.2.3	IPCC 100 AÑOS.....	51
3.2.4	BASE DE DATOS DEL ACV	52
3.3	CATEGORIAS DE IMPACTO.....	55
4	CASO DE ESTUDIO: CICLO INTEGRAL DEL AGUA EN ZARAGOZA	60
4.1	CICLO DEL AGUA EN ZARAGOZA.....	60
4.1.1	CAPTACIÓN	60
4.1.2	POTABILIZACIÓN.....	61
4.1.3	ALMACENAMIENTO.....	63
4.1.4	DISTRIBUCIÓN Y TRANSPORTE	65
4.1.5	RED DE SANEAMIENTO.....	67
4.1.6	TANQUES DE TORMENTA	67
4.1.7	BALSAS DE LAMINACIÓN	69
4.1.8	DEPURACIÓN	70
4.2	DESCRIPCIÓN DE LAS PLANTAS Y DATOS TÉCNICOS	71
4.2.1	PLANTA POTABILIZADORA DE CASABLANCA	71
4.2.2	PLANTA DEPURADORA DE LA CARTUJA	74
4.2.3	PLANTA DEPURADORA DE LA ALMOZARA	79
4.3	CONSUMO.....	84
4.3.1	PARQUES Y JARDINES.....	85
4.4	APLICACIÓN DEL ACV AL CICLO DEL AGUA EN ZARAGOZA	86
4.4.1	DEFINICIÓN DE OBJETIVOS.....	86

4.4.2	ANÁLISIS DE INVENTARIO	86
4.4.3	EVALUACIÓN DE IMPACTOS.....	87
4.4.4	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	87
4.5	CARACTERIZACIÓN DE LAS BOMBAS Y TRAFOS DEL CICLO. OBTENCIÓN DE LAS CURVAS QUE RELACIONAN EL TIPO Y POTENCIA DEL ELEMENTO CON LOS MATERIALES UTILIZADOS EN SU CONSTRUCCIÓN ..	88
4.5.1	BOMBAS	88
4.5.1.1	BOMBEOS DE GRAN CAUDAL	91
4.5.1.2	BOMBEOS DE DISTRIBUCIÓN	92
4.5.1.3	ESTIMACIÓN DE PESOS DE LOS MATERIALES PARA BOMBAS	93
4.5.2	TRAFOS	97
4.5.3	TANQUES DE TORMENTA	101
4.6	RESULTADOS, ANÁLISIS Y REVISIÓN CRÍTICA	103
4.6.1	DAÑOS A NIVEL GENERAL	106
4.6.1.1	COMPARATIVA ETAPAS (Método ReCiPe Midpoint E)	106
4.6.1.2	COMPARATIVA SUBETAPAS: CAPTACIÓN (CAPTACIÓN EBRO, CAPTACIÓN YESA) <i>Método: ReCiPe Midpoint (E)</i>	116
4.6.1.3	COMPARATIVA SUBETAPAS: DEPURACIÓN (EDAR DE LA ALMOZARA, EDAR DE LA CARTUJA) <i>Método: ReCiPe Midpoint (E)</i>	122
4.6.2	DAÑOS DE SALUD HUMANA (Método Eco-Indicador 99)	128
4.6.2.1	COMPARATIVA ETAPAS.....	128
4.7	CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS	137
	ANEXO A: INFORMACIÓN ADICIONAL PARA LA CARACTERIZACIÓN DE LAS BOMBAS Y TRAFOS DEL CICLO DEL AGUA	142

ANEXO B: ANÁLISIS REALIZADOS MEDIANTE EL MÉTODO IPCC A 100 AÑOS	150
ANEXO C: MATERIALES UTILIZADOS EN EL SIMAPRO PARA EL DESARROLLO EL ACV	159
LISTA DE FIGURAS	172
BIBLIOGRAFÍA.....	174

Capítulo 1

INTRODUCCIÓN. OBJETO Y ALCANCE DEL PFC

1 INTRODUCCIÓN. OBJETO Y ALCANCE DEL PFC

El principal objetivo de este proyecto de fin de carrera (PFC) es la realización de un análisis de ciclo de vida (ACV), preliminar del ciclo integral del agua en Zaragoza. Para ello se ha utilizado la información proporcionada por distintas entidades responsables de la gestión y operación de las diferentes etapas del mencionado ciclo del agua en la ciudad, y el programa de cálculo Sima Pro¹. En todo caso, destacar que el presente trabajo se engloba dentro de la línea de investigación de los directores de este PFC.

El ACV de un producto o servicio puede llevarse a cabo mediante el uso de bases de datos de inventario propias (creadas por el usuario), que es el caso en este trabajo, y bibliográficas (BUWAL, IDEMAT, ETH, IVAM). De este modo, la realización de un ACV completo supone una carga de trabajo muy importante si se plantea como un trabajo original en el que se llevan a cabo todas las fases del análisis. En este caso, la tarea es aún mayor, ya que se consideran todas las fases del ciclo del agua en la ciudad de Zaragoza, desde la captación hasta el uso y posterior tratamiento y devolución.

Se ha manejado una cantidad ingente de datos, que previamente han tenido que ser solicitados, procesados, organizados y elaborados dentro del grupo de investigación liderado por uno de los directores del PFC, en este caso el profesor Uche. Por ello, es conveniente destacar que la recopilación de datos para este

¹SimaPro es un programa desarrollado por la empresa holandesa PRéConsultants. Esta herramienta permite almacenar, analizar y realizar un seguimiento del rendimiento ambiental de productos y/o servicios. Además, facilita el análisis y la representación gráfica de ciclos complejos de un modo sistemático.

proyecto, para realizar el inventario global del ciclo del agua en Zaragoza, es una labor que ha exigido una dedicación temporal que excede con creces lo exigido en un PFC. También por ello, no se han incluido las tablas de inventario generadas para incluir en el PFC.

La ejecución de las distintas fases del trabajo ha supuesto materializar una serie objetivos específicos parciales, parte de los cuales han sido desarrollados por el proyectando a lo largo de los 12 meses de trabajo dedicados a la elaboración de este PFC. En particular, las tareas llevadas a cabo han sido:

- Documentación sobre la metodología del ACV.
- Documentación sobre el ciclo del agua en Zaragoza. Identificación de las distintas etapas y caracterización detallada de las mismas.
- Revisión bibliográfica de los estudios de ACV para el ciclo del agua urbano existentes en la literatura.
- Formación en el manejo del programa informático y elaboración de ejemplos sencillos.
- Realización de visitas a las plantas de potabilización y depuración de Zaragoza para conocer “in situ” el proceso y recopilar información sobre la obra civil y los consumos en las plantas.
- Estudio de los datos de inventario proporcionados e introducción de los mismos en el programa de trabajo SimaPro.
- Análisis de las estaciones de bombeo y centros de transformación existentes a lo largo del ciclo. Obtención de las curvas materiales-potencia de las mismas e introducción de los datos en el inventario y en el programa de cálculo.
- Elaboración del resumen de los datos de operación de las distintas plantas y etapas del ciclo a partir de los datos proporcionados por el Ayuntamiento de Zaragoza a través de distintas entidades oficiales e introducción de los mismos en el programa de trabajo SimaPro.

- Agrupación por etapas y ejecución del ACV del ciclo del agua en Zaragoza mediante varios métodos de cálculo (ReciPe, Eco-99, IPCC).
- Análisis e interpretación de resultados.
- Identificación de futuras líneas de trabajo para mejorar el trabajo realizado.

La unidad funcional elegida es el m³ de agua tratada que entra en cada etapa del ciclo, y el alcance del ACV desarrollado incluye todas las etapas del ciclo: captación (con tres orígenes distintos en Zaragoza: Yesa, Ebro y Canal Imperial), potabilización (ETAP Casablanca), red de abasto, uso urbano, red de saneamiento, depuración (EDAR La Cartuja y EDAR La Almozara), y devolución final al cauce del río Ebro.

En todas las etapas, salvo en el Canal Imperial, se ha contabilizado el inventario de materiales en su construcción y los consumos de materiales, reactivos y energía en su operación. En el caso del Canal Imperial no se ha incluido la obra civil, al ser una obra considerada amortizada (se construyó a finales del siglo XVIII).

La limitación existente para realizar este estudio tan amplio radica esencialmente en la falta de datos en todas las etapas, que ha sido necesario estimar o ajustar en algunas fases del proyecto.

1.1 REVISION BIBLIOGRÁFICA

Este apartado pretende recopilar los estudios referentes al objeto de este PFC, con el objetivo final de constatar la carencia de un estudio global de todo el ciclo integral de una ciudad, y establecer comparaciones (parciales) de los estudios existentes.

EVALUACIÓN AMBIENTAL DE LA INTEGRACIÓN DE PROCESOS DE PRODUCCIÓN DE AGUA CON SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA

- ***Rosa Gemma Raluy Rivera (2009) Tesis Doctoral***

*Departamento de Ingeniería Mecánica. Centro Politécnico Superior
(UZ)*

El objetivo fundamental de esta tesis consiste en evaluar las principales cargas ambientales asociadas a los diferentes tecnologías de producción de agua potable con objeto de determinar, de forma lo más objetiva posible, la tecnología que podría resultar, con la información actualmente disponible, menos perjudicial para el medio ambiente.

En definitiva, se pretende determinar de la forma más racional cuál es la tecnología del agua de entre las analizadas, que cuente con menor impacto ambiental, a través de la evaluación de las principales cargas ambientales en cada una de ellas. En esta tesis se evalúan:

1. Evaluación de impactos de tecnologías de desalación.
2. Evaluación de impactos de depuración y aguas residuales,

Considerando diferentes formas de integración y suministro energético posible a dichas plantas de tratamiento, obteniendo de esta forma la reducción del impacto global asociado a cada tecnología según su fuente energética utilizada.

PROYECTO SOSTAQUA

- ***Aguas de Barcelona***

Centro para el Desarrollo Técnico Industrial (CDTI)

Programa CENIT (Consortios dependiente del Ministerio de industria)

Este estudio se realiza con el fin de elaborar una herramienta de gestión medioambiental para evaluar el impacto ambiental asociado al consumo eléctrico en el ciclo de abastecimiento y saneamiento del agua. Los indicadores obtenidos se aplican a determinadas unidades del ciclo urbano del agua aplicado a los principales puntos de consumo de, en este caso, al Área de Barcelona.

Se han realizado dos escenarios analíticos cuya finalidad es establecer el impacto ambiental generado por KWh consumido.

Escenario A

En este apartado se calculará el impacto que se genera al consumir un kWh en el ciclo urbano del agua en Zaragoza (Captación (ríos, IDAM...), potabilización, red de abasto, red de uso, red de saneamiento y depuración). Actualmente la electricidad consumida se produce y distribuye en una gran proporción a través del sistema eléctrico español, conformado por el “mix” eléctrico de generación y la red eléctrica de distribución y transporte.

Escenario B

Impacto ambiental generado por kWh consumido, aplicado a las energías renovables en el ciclo urbano del agua.

La cuantificación y evaluación de los impactos ambientales se realiza mediante la particularización del Análisis de Ciclo de Vida (ACV) del kWh para los dos escenarios, en las diferentes unidades de consumo eléctrico en el ciclo del agua (desalinizadoras, potabilizadoras, depuradoras y transporte de fluidos). Las herramientas para la elaboración del ACV son el programa SimaPro© y la base de datos Ecoinvent v.1.3 y v.2©.

Los resultados obtenidos en el ACV por kWh y la cuantificación de las mejoras ambientales por m³ que se produciría mediante la implantación de energías renovables establecen la base para la toma de decisiones junto a los posteriores análisis de viabilidad tecnológica y económica.

Las líneas de desarrollo que deberían priorizarse en el futuro atendiendo únicamente a criterios medioambientales resultado del ACV sería; energía eólica, pequeñas instalaciones fotovoltaicas, cogeneración con biogás y cogeneración con biomasa por este orden.

- ***Elena Benedi Tesis Doctoral (2008)***

UNESCO-IHE INSTITUTE FOR WATER EDUCATION

SELECTION OF SUSTAINABILITY INDICATORS THROUGH AN ITERATIVE LIFE CYCLE ANALYSIS PROCEDURE FOR THE ZARAGOZA URBAN WATER SYSTEM

En esta tesis se investiga la sustentabilidad del agua, y para ello encontramos cuatro elementos clave:

1. Presentar las necesidades de agua.
2. La capacidad de carga del sistema natural, tanto en términos de cantidad como en calidad de la fuente de agua.
3. La conservación o mejora de la integridad operativa de la población urbana del sistema (agua potable, tratamiento de aguas residuales, los residuos tratamiento, y el consumo de energía), considerada esta como un todo.
4. Las necesidades futuras proyectadas sobre la base de la población urbana y su crecimiento.

El reto de la sostenibilidad del sistema urbano de agua es considerable, debido a que se enfrenta a múltiples presiones naturales, sociales y económicas. Algunos de los transductores de presión para el sistema de agua en zonas urbanas son el crecimiento de la población, cambio de la urbanización, el clima, el agotamiento de recursos, y la falta de financiación, entre otros.

Por ejemplo, la escasez de agua es un tema de actualidad en muchas ciudades debido al crecimiento de la población, dando lugar a conflictos entre los usuarios. Además, otro factor que agravará aún más la sostenibilidad de los sistemas urbanos de agua (UWS) es el cambio climático.

Este controvertido fenómeno tiene el potencial de afectar los patrones de precipitación, aumentando el riesgo de inundaciones y sequías.

En el presente estudio, los indicadores han sido utilizados para evaluar la sostenibilidad del Sistema de agua Urbano de Zaragoza (España), dentro del proyecto SWITCH del VI Programa Marco de la UE.

En el objetivo y el alcance de este estudio, la caracterización se ha escogido para evaluar el impacto ecológico. El método utilizado ha sido el Eco-indicador 99.

Si bien la interpretación de la redes útil en la identificación de las cargas y las contribuciones del sistema, el análisis LCII dará una evaluación cuantitativa más detallada del análisis de **las contribuciones de los flujos de energía, insumos químicos, y las emisiones sobre la base de Eco-punto de las unidades.**

Se evalúa mediante eco-puntos:

1. El impacto producido por la etapa de operación del ciclo urbano del agua en Zaragoza (consumo de energía y reactivos).
2. Se ha evaluado el tratamiento de residuos de las EDAR de La Cartuja y La Almozara.
3. Comparativa de impacto entre la generación del carbón, generación nuclear y cogeneración (notar que es incorrecto el mix energético utilizado en este análisis).

SYSTEM ANALYSIS OF ZARAGOZA URBAN WATER SYSTEM (SPAIN): A PRELIMINARY ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY

- ***Master Thesis de Guillermo Penagos (2007)***

UNESCO-IHE INSTITUTE FOR WATER EDUCATION

Este estudio tiene como objetivo analizar el desempeño ambiental del Sistema de Agua de Zaragoza Urbana en España con respecto a la utilización de los recursos naturales y las cargas de contaminantes al medio ambiente. El uso de los recursos naturales se evalúa en relación con la extracción de agua, así como el consumo de energía y productos químicos. Se consideran las cargas contaminantes como emisiones atmosféricas, las demandas de oxígeno del río, nitrógeno, fósforo y metales pesados. Este trabajo de investigación sólo se refiere a los aspectos operativos de la UWS y no incluye la construcción, rehabilitación y demolición de infraestructuras.

La presente investigación se incluye en el marco del proyecto SWITCH, un programa que tiene como objetivo evaluar la capacidad de ajuste de los sistemas de

agua en zonas urbanas a las presiones del cambio global desde un enfoque estratégico basado en la sostenibilidad y la evaluación de riesgos.

No utiliza el SimaPro como herramienta para cálculos.

El fin de esta tesis es complementar estudios posteriores.

Capítulo 2

CICLO INTEGRAL DEL AGUA

2 CICLO INTEGRAL DEL AGUA

El ciclo hidrológico en resumen, consiste en los cambios de estado del agua en función de su temperatura, dando como resultado nubes, lluvias o nieves. Al caer el agua a la superficie de la tierra se dispersa y se almacena en ella en diferentes formas como nieve, ríos, acuíferos, que antes o más tarde llegará a grandes masas de agua en diferentes zonas del planeta o será recogida por la cubierta vegetal, volviendo a la atmosfera mediante su evaporación (*Martínez Lorente, F. 2003*).

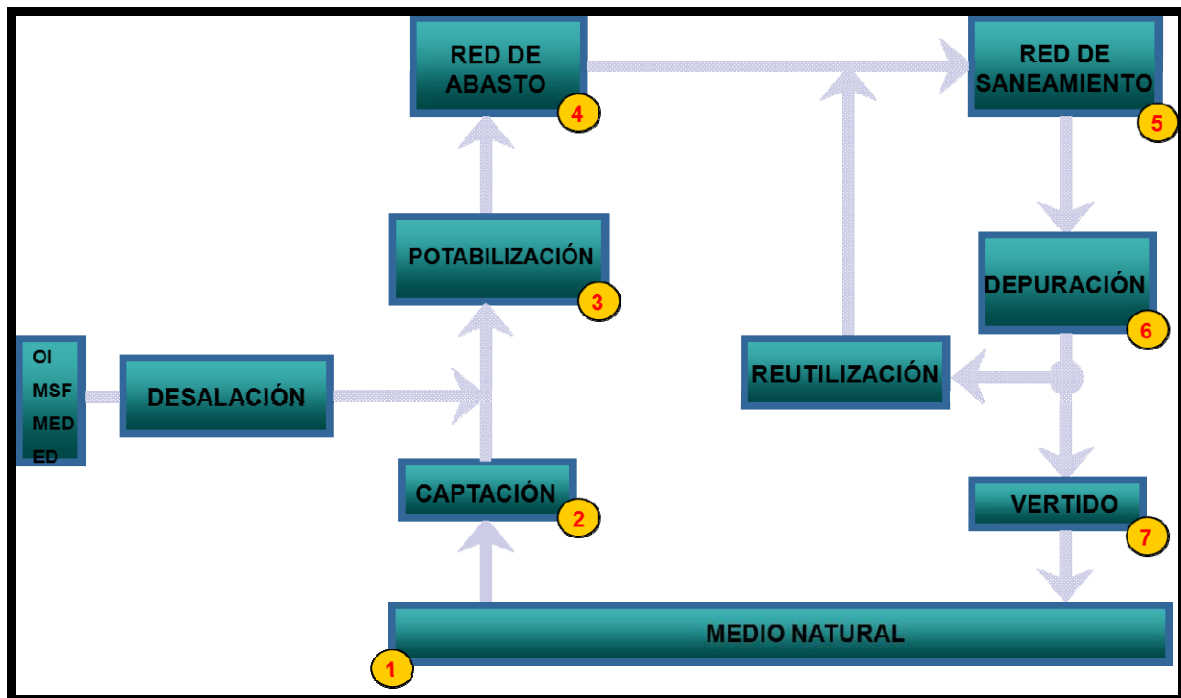
El ciclo integral del agua no debe confundirse con el ciclo del agua o ciclo hidrológico, porque en este último no existe interacción humana. El agua existe en la Tierra en estado sólido (hielo), líquido o gaseoso (vapor de agua). Su distribución es bastante variada, ya que muchas regiones la tienen en abundancia, mientras que en otras su disponibilidad es escasa. En la Tierra, el agua está en continuo movimiento en sus diferentes estados. De hecho, los océanos, los ríos, las nubes y la lluvia, que contienen agua, están en frecuente proceso de cambio (el agua de superficie se evapora, el agua de las nubes precipita, la lluvia se infiltra en el suelo, etc.). Sin embargo, la cantidad total de agua no cambia. La Tierra es esencialmente un "sistema cerrado". Esto significa que el planeta, como un todo, ni gana ni pierde materia, tampoco agua.

De toda el agua del planeta, sólo el 3 % es agua dulce, y el 2,997 % es de muy difícil acceso, ya que es subterránea o se encuentra en los casquetes polares y en los glaciares, lo que no facilita su utilización. Es decir que sólo el 0,003 % del volumen total de agua del planeta es accesible para el consumo de los seres humanos. Gracias al ciclo del agua o ciclo hidrológico, este líquido vital se mueve de un lugar a otro y de un estado a otro continuamente. Un conocimiento profundo de los elementos de este ciclo es esencial, tanto para entender el impacto de las actividades humanas como para planificar el uso racional y eficiente del agua disponible. (*Ministerio de educación, ciencia y tecnología, 2010*)

El conocimiento del ciclo integral del agua consiste en utilizar los diferentes recursos hídricos que existen a nuestro alrededor para ser utilizados por el ser humano en diferentes usos como: agrícolas, industriales, municipales, energéticos, recreativos y ecológicos. Para el estudio se comienza con la fase de captación de las distintas fuentes de las que podemos obtener agua, como los embalses, ríos, lagos, pozos, manantiales, agua de mar y agua salubre. Luego se transporta hasta las plantas de tratamiento de agua potable, mediante canales o tuberías, para después ser tratada física y químicamente cumpliendo sanitariamente los requisitos exigidos. Después se envía desde los depósitos de servicio hasta los diferentes tipos y lugares de consumo, y una vez usada, se evacua mediante una red de alcantarillado que la lleva a la depuradora, en donde una parte de ella se reutiliza de nuevo, y la otra, se vierte a un medio natural o se destina a un nuevo uso (AGA,2010).



[Figura 1] Imagen del ciclo integral del agua urbano.
(www.aqualia.es)



[Figura 2] Esquema partes del ciclo integral del agua.
(Martínez A., 2009)

2.1 DESCRIPCIÓN DEL CICLO INTEGRAL DEL AGUA

2.1.1 CAPTACIÓN

La captación es el punto de partida del sistema de abastecimiento, entendiendo por ello, un conjunto de elementos y procesos técnicos que garantiza que el agua llegue desde el lugar de captación al punto de consumo en condiciones correctas tanto en calidad como en cantidad. Todo ello respetando la legislación vigente y los recursos hídricos disponibles, tanto como la garantía de utilización de estos. Quedando asegurada la adecuada protección sanitaria de los acuíferos, cauces y zonas de captación.

En la captación del ciclo integral del agua, se obtiene el agua de fuentes superficiales (embalses, lagos, ríos y mares) y subterráneas (pozos y manantiales). Estas últimas se estiman que son mucho más abundantes que las superficiales pero debido a que se encuentran a una profundidad muy elevada solo se pueden aprovechar las menos profundas, aun así dichas aguas comprenden el 22% de la

demanda total del agua para después utilizarla en diferentes usos (*Mariña, A., 2004*), (*EGEVASA S.A., 2010*).

Los tipos de captaciones que existen son: sumergida, lateral, en lagos, lagunas y embalses, flotante con elevación mecánica, móvil con elevación mecánica, captación de manantiales, captación de alta montaña y directa de agua de lluvias.

2.1.2 POTABILIZACIÓN

El agua captada debe ser apta para el consumo humano, y debido a la absorción rápida de sustancias naturales procedentes de actividades relacionadas con el ser humano, debe ser tratada. Los principales contaminantes del agua son tres, los minerales (metales y compuestos químicos), los orgánicos (detergentes, gasolina, etc.), y los biológicos o microbiológicos (virus, bacterias y parásitos).

Primero se realiza un cribado o desbaste, para eliminar los sólidos flotantes, tales como hierbas acuáticas, basuras, maderas... a la entrada de la planta, en dónde en general, mediante un sistema de compuertas y una válvula reguladora, se regula el caudal de agua.

Después el agua discurre por la cámara de mezcla donde el agua bruta se mezcla con reactivos químicos mediante un equipo mecánico o batidor.

Luego se lleva a la cámara de floculación donde se añaden coagulantes y floculantes al inicio del tratamiento que facilitan la sedimentación de los materiales disueltos en agua mediante uno o varios mezclador/es en los tanques por los que circula el agua, para posteriormente ir creando flóculos que a través de los decantadores van formando en el fondo un manto de lodos, siendo estos últimos eliminados y tratados correctamente, lo que aumenta el rendimiento de la eliminación de sólidos.

El agua decantada pasa a los filtros, atravesando un lecho de arena de grava y antracita, donde quedan retenidas las partículas que no fueron eliminadas en el proceso de decantación. Cada cierto tiempo este filtro de arena es lavado, ya que va perdiendo caudal de agua filtrada al acumularse nuevas sustancias, y este lodo resultante es enviado junto con el de la purga de los decantadores a la línea de tratamiento de lodos. De esta manera se consigue la separación de todos los componentes orgánicos, metálicos y sólidos suspendidos en el agua. (*Ayuntamiento de Zaragoza, 2008*).

El agua filtrada se regula sometiéndola a una cloración mediante un tiempo en los tanques de almacenamiento, para así asegurar la eliminación de sustancias patógenas que pueden afectar al ser humano, y que de esta manera, se mantendrá en perfecto estado a lo largo de la red de conducción hasta los puntos de consumo.

En la línea de tratamiento de lodos, el manto de lodos se somete a depósitos de recuperación, purga, espesadores, filtros, y dispensadores de reactivos así como también se usa cal y polielectrolito, y es recirculada y mezclada a la cabecera de la instalación junto con el agua cruda. Los fangos deshidratados finales son llevados a vertederos autorizados (*C. A. Asturias, 2001*) (*Delgadillo, A. y Ramírez, O., 2005*).

2.1.3 RED DE ABASTECIMIENTO

El abastecimiento de agua a una ciudad es diferente de unas a otras dependiendo de la ubicación, cartografía o la superficie a abastecer. Pero la solución elegida debe garantizar en las acometidas de los edificios presiones entre 20 y 40 metros de columna de agua.

Hay dos formas de abastecimiento: abastecimiento por gravedad y abastecimiento por bombeo (*Fernández Francos, J., 2007*).

2.1.3.1.1 Abastecimiento por gravedad

El abastecimiento por gravedad es la solución ideal, debido a que no exige consumo eléctrico, pero sólo es factible cuando la captación del agua está a un nivel superior suficiente respecto de la ciudad. Pueden darse diferentes situaciones.

El depósito de agua está próximo a la ciudad, entonces, la regulación de las presiones y del consumo de la red se haría desde el mismo, por lo que suele llamarse también depósito de regulación o principal si existen otros depósitos para otro cometidos.

El depósito de agua está lejos de la ciudad, en el cual conviene instalar otro próximo a ella a un nivel estudiado, inferior al depósito principal, pudiendo estar en serie con el anterior, con el que se alimenta con un caudal casi constante, llenándose en horas de bajo consumo liberando a la red de la sobrepresión al desnivel entre depósitos, y vaciándose en horas punta liberando de las bajas presiones que se originarían si la conducción que une ambos depósitos tuviera que circular el caudal punta. Este segundo depósito, llamado de regulación, ajusta bien las presiones en la red, por lo que la otra solución es conectar el segundo depósito en paralelo, conectándolo directamente a la conducción que une el depósito principal con la red, haciendo así la regulación el depósito principal, y el segundo depósito, de compensación, compensa la falta de presión y caudal en las horas punta, y por ello no tiene que ser tan grande. Así la influencia de ambos depósitos hace que las presiones en la red a lo largo del día se mantengan en límites aceptables. Cuando el caudal demandado es bajo el de compensación recibe agua del principal, en cambio, si es alto ambos depósitos satisfacen la demanda (*Fernández Francos, J., 2007*).

2.1.3.1.2 Abastecimiento por bombeo

Las soluciones pueden ser muy variadas dependiendo de las circunstancias, pero se deberá elegir la más adecuada. Aunque cualquiera que sea incluirá en general la instalación de un depósito próximo a la ciudad, y con la elevación suficiente para poder cubrir las necesidades de presiones en la red.

Si se resolviera el problema sin depósito, el bombeo sería directo a la red y las bombas tendrían que cubrir el caudal punta, por lo que se necesita una estación de bombeo y un diámetro de tubería mayores, aumentando el coste de la instalación. Además tendrían que suministrar un caudal variable, que complicaría su instalación para conseguir un rendimiento adecuado de las bombas. Tendrían que funcionar en las horas punta cuando la energía eléctrica es más cara y la red demanda mayores caudales, y difícilmente serían capaces de regular las presiones adecuadas en la red.

Si se instala un depósito próximo a la ciudad, las bombas tienen que cubrir sólo el caudal medio, siendo constante si es un depósito de regulación o por lo menos más regular si fuese de compensación, aumentando las condiciones de rendimiento. También podemos aprovechar las horas llano y valle, cuando la energía es más barata y no utilizar las horas punta que es más cara, quedando la presión en la red mejor regulada a lo largo del día.

El depósito de compensación o en paralelo, que tiene ventajas respecto al de regulación, tiene menos volumen, pues parte del caudal suministrado por las bombas va directo a la red sin pasar por el mismo. Tampoco tiene que subir al depósito para después bajar, ahorrando energía. Además en las horas valle las bombas alimentan a la vez la red y el depósito, y en cambio, en las horas punta el depósito apoya a las bombas. Por esto, la opción del depósito de compensación exige un mayor cuidado en la selección de los grupos de bombeo, a causa de la variación del caudal suministrado a lo largo del día (*Fernández Francos, J., 2007*).

2.1.3.1.3 Depósitos de cola

Debido a que las ciudades se van expandiendo y hay que dar abastecimiento a puntos más alejados, pudiendo ser a veces los más bajos de la red, lo que podría originar presiones muy elevadas en horas valle y presiones muy bajas en las horas punta, que podrían cortar el suministro. La solución es la instalación de uno o varios depósitos de cola, en puntos de la red, a niveles de altura algo inferiores al depósito principal. Así en esos puntos la presión no sube tanto en horas valle ya que el

depósito de cola se está llenando, ni baja tanto en horas punta debido a que el suministro es combinado por los depósitos, principal y de cola. El depósito de cola se puede unir al principal mediante una o dos tuberías, de diámetros importantes, que atraviesan o rodean la ciudad y la cual, queda conectada a la red en los puntos convenientes (*Fernández Francos, J., 2007*).

2.1.4 RED DE DISTRIBUCIÓN

Las redes de distribución pueden tener infinidad de soluciones, y ante ello prevalecerá la economía para adoptar unas u otras.

Hay diferentes tipos de tuberías como la principales o arterias (alimentan a los demás conductos y no tienen tomas de servicio, además son de gran diámetro), la secundarias (son de menor diámetro y transportan el agua desde las principales hasta las de distribución), las de distribución (dan servicio a los edificios o puntos de consumo en general), y las de ramal o acometida (contienen tuberías y válvulas que conectan la red con las instalaciones interiores de los edificios).

En cuanto a la clasificación de las redes, pueden ser ramificadas, malladas o mixtas (*Fernández Francos, J., 2007*).

2.1.4.1.1 Red ramificada

Son como los árboles, hay un depósito troncal que une con una tubería principal de dónde parten las secundarias, y estas a las terciarias... disminuyendo el diámetro circulando el agua en un solo sentido.

Son fáciles de calcular y la instalación es más barata. Pero una rotura puede suponer el corte completo de la red, y en los extremos de la red el agua queda estancada pudiendo contaminarse si no se hacen descargas periódicas. Este sistema será útil en poblaciones pequeñas (*Fernández Francos, J., 2007*).

2.1.4.1.2 Red mallada

Las tuberías principales se conectan entre sí formando una trama, así pues cada punto de la red se alimenta por izquierda y derecha, siendo mejor el reparto de presiones. Además no se estanca el agua en ningún punto y en caso de avería los puntos de consumo afectados quedarían alimentados por el otro extremo de la línea (Fernández Francos, J., 2007).

2.1.4.1.3 Red mixta

Es la elección de la red mallada, con puntos fuera de la malla que convenga alimentarlos mediante ramificaciones, siendo está la más racional. Si con el tiempo quedaran demasiados puntos fuera de la malla, se puede hacer una ampliación de la malla a modo de cinturón exterior al inicial (Fernández Francos, J., 2007).

2.1.5 RED DE SANEAMIENTO

Una red de saneamiento es un conjunto de conductos y otros dispositivos empleados para conducir las aguas residuales o las pluviales al alcantarillado público o a una instalación particular de tratamiento de aguas (UGT-Aragón, 2008).

Cuando se intenta resolver el saneamiento urbano de una ciudad es preciso abordar el problema en dos etapas. En una primera etapa habría que atender la recogida y el transporte de las aguas residuales, y en una segunda etapa habría que buscar un destino final a las aguas residuales, mediante la depuración, el vertido o reutilización de las mismas.

Un sistema de saneamiento sostenible es aquel que establece como premisa que el mejor residuo es el que no se produce. Con un sistema de saneamiento sostenible se organiza la retención y tratamiento de residuos en su origen, para

evitar los problemas que se derivan del transporte de los mismos a largas distancias, fermentaciones, contaminación de cauces receptores, problemas sanitarios....(*Ciclo del agua 2008, Zaragoza*).

Los objetivos básicos de la red de saneamiento son recoger, transportar y depurar antes de que se produzca la depuración prematura y espontánea dentro de las redes. Para ello se deberá verter las aguas en el menor tiempo posible y ventilar la red adecuadamente con chimeneas de ventilación.

Para la utilización de sistemas de saneamiento sostenibles se hace una distinción entre:

- Aguas negras con un alto contenido de residuos biológicos.
- Aguas grises, procedentes de lavadoras, duchas, lavabos, fregaderos, etc.
- Aguas pluviales producidas por escorrentías.

(*Ciclo del agua 2008, Zaragoza*).

Las aguas residuales urbanas se originan a causa de: excretos, residuos domésticos, infiltraciones y residuos industriales.

Según la distinción realizada para la ejecución de sistemas de saneamiento sostenibles, dentro de las aguas residuales nos vamos a encontrar con aguas negras y grises.

Las aguas pluviales producidas por escorrentías también son un tipo de agua residual urbana.

Con la captación del agua de lluvia se consigue una reducción en el consumo de agua y se evita la sobrecarga de las depuradoras por aguas pluviales y los desbordamientos por aguas torrenciales.

2.1.6 DEPURACIÓN

Una estación depuradora de aguas residuales (EDAR) tiene como objetivo disminuir la carga de contaminantes del vertido para convertirlo en inocuo para el medio ambiente. En la EDAR se realiza de forma artificial la depuración de aguas. Para realizar este proceso el vertido pasa por varias etapas.

El pre-tratamiento de una EDAR, consiste en el desbaste y eliminación por mediación de medios físicos de componentes del agua residual que se han ido añadiendo a la red de saneamiento. Para ello se utilizan diferentes sistemas de cribas y rejillas que retienen diferentes tamaños de sólidos flotantes. También se retienen grasas y aceites con desengrasadores que hacen flotar las grasas y aceites, y arenas mediante los desarenadores que sedimentan para posteriormente evacuar todos estos sobrantes.

En el tratamiento primario se pretende eliminar la materia en suspensión sedimentable, usando decantadores en donde sedimenta, por la acción de la gravedad. Este proceso físico se potencia con reactivos siendo un proceso físico-químico que se divide en dos etapas. En la primera se produce la coagulación del agua en tanques de mezcla rápida y en la segunda se produce la floculación. Todo ello para mejorar el proceso de sedimentación y los sólidos queden en suspensión, aunque en algunos casos especiales es mejor separarlos por flotadores de aire disuelto.

En el tratamiento secundario se eliminan las partículas coloidales y disueltas, así como la retención de sólidos en suspensión, para ello se lleva el efluente obtenido en el tratamiento primario a tanques en los que se mezcla con agua cargada de lodos activos y mediante sistemas de agitación y burbujeo, crezcan microorganismos que puedan separarse mejor por sedimentación.

Y por último el tratamiento terciario, que complementa en algunos casos a la depuración de las aguas residuales para obtener la regeneración de las mismas teniendo como objetivo la eliminación de nutrientes como el fósforo y el nitrógeno, la mayoría de la DBO y DQO solubles, sólidos en suspensión, detergentes o tóxicos no

biodegradables, minerales y metales pesados entre otros (*Bernaus, V., 2007*) (*Santos, J. A., 2001*).

2.1.7 REUTILIZACIÓN

La reutilización consiste en utilizar el agua residual tratada para determinados usos, ya que aunque el agua depurada puede ser devuelta al medio sin causar daños ambientales, hay casos en los que esa misma agua para otro uso no es apta, y por eso se somete a tratamientos terciarios como se ha comentado anteriormente. De esta forma se garantiza la calidad y la seguridad de las personas y del medio ambiente (*La Razón, 2006*).

2.1.8 VERTIDO

Consiste en devolver el agua depurada al medio natural, con unas condiciones mínimas fijadas por ley para no poner en peligro la salud de las personas y no provocar daños ambientales en el medio natural en sí (*La Razón, 2006*).

Capítulo 3

ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

3 ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

3.1 ASPECTOS GENERALES DEL CICLO DE VIDA

Los estudios de ACV se iniciaron prácticamente en los años setenta de forma global y, en concreto en el sector energético, como consecuencia de la reducción de recursos disponibles en el mercado a causa del embargo del petróleo. La mayoría de los estudios realizados durante este periodo todavía estaban localizados por sectores de producción nacional y no a productos concretos.

En los años ochenta, en la mayoría de los estudios los balances de energía, materia y residuos todavía se aplicaban de forma separada. En este período, las primeras mejoras metodológicas fueron aportadas por el Programa de Inventario de descargas de tóxicos aplicado en Estados Unidos y por los trabajos de la SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry), relativos a los métodos internacionales de mejora de los efectos ambientales y el desarrollo de la metodología ACV. A la ya mencionada SETAC se unieron otros organismos como la U.S. Environmental Protection Agency (EPA) y la International Standards Organization (ISO).

En la década de los noventa se desarrolló la metodología de ACV siendo destacables las nuevas orientaciones de la SETAC respecto a sus diferentes fases. En la primera década del siglo XXI las acciones se han centrado en la aplicación generalizada mediante la gestión del ciclo de vida de los productos.

Las mejoras en las herramientas de análisis ambiental de los productos han favorecido el cambio de una visión de análisis sectorial de los problemas a una integración general ("Ecobalance"). Este cambio está favoreciendo la aplicación de nuevos procedimientos en las empresas; por ejemplo, antes de iniciar un programa de mejora de los problemas ambientales necesario disponer de toda la información para poder cuantificar la magnitud de éstos y definir las soluciones con mayor seguridad.

En España el desarrollo de proyectos en el campo del ACV se ha incrementado en los últimos años. La iniciativa de la Red Española y las diferentes redes autonómicas de ACV, son claves para la expansión de esta herramienta. La finalidad es la de difundir estos estudios de ACV y relacionarlos con otros proyectos.

Las empresas realizan estudios comparativos de los impactos ambientales asociados a la unidad funcional a estudiar, ya sea KWh, m³...

Se estudiaron los sistemas energéticos utilizados en el “mix” nacional del año 1997: mini hidráulicos, nuclear, lignito, carbón, petróleo, eólico y solar fotovoltaico (estos dos últimos con datos de Suiza, ya que España no poseía grandes instalaciones). El marco nacional eléctrico ha variado, y los datos incluidos en ICV, de ahora en adelante Inventario de Ciclo de Vida, datan de 1990 a 1995 quedando desfasados. Dicho estudio contenía limitaciones debidas a la falta de información para realizar el ICV.

3.1.1 INTRODUCCIÓN

Las empresas se centran en la investigación de cómo con las energías y los materiales se pueden minimizar el impacto del medioambiente, la conservación de los recursos naturales, una reducción en nuestra dependencia energética con el medio y mejorar la calidad de vida de la sociedad.

El concepto de ecoeficiencia nos habla de minimizar los recursos consumidos y los residuos producidos pudiendo así reducir el impacto medioambiental y combatir los costes económicos de la empresa con un plan estratégico en consonancia con el medioambiente otorgando a la empresa un hándicap respecto a sus competidoras.

Una empresa se denomina o se considera ecoeficiente cuando es capaz de producir más con menos y satisfacer las condiciones enumeradas anteriormente

para respetar el entorno que nos rodea. Todo ello se debe realizar mediante procesos limpios y un consumo sostenible. (*El análisis de ciclo de vida, 2006*).



[Figura 3] Esquema ecodiseño. (Dr. Joan Rieradevall i Pons, 2007)

Para evaluar la calidad de un producto o servicio utilizamos una metodología llamada ACV (análisis de ciclo de vida).

El ACV estudia los aspectos ambientales y los impactos más significativos a lo largo de la vida del producto o servicio, desde el principio hasta el final, ya que el ACV analiza y examina todos los procesos que realiza la materia prima desde que se recoge hasta que es devuelta al medioambiente en forma de residuo. De esta manera el estudio de ACV permite detectar situaciones en las que un sistema industrial puede parecer más limpio que otro sin serlo desde un punto de vista global.

Entre los usos del ACV hay que destacar: (*El análisis de ciclo de vida, 2006*).

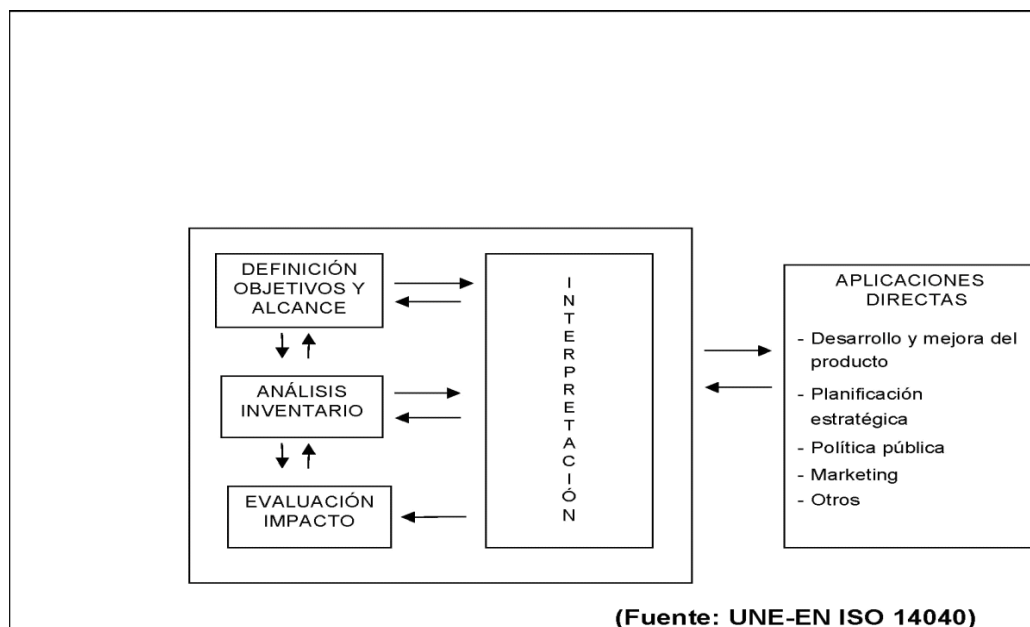
- La identificación de posibles mejoras en los aspectos ambientales de productos o servicios en varias etapas de su ciclo de vida.

- Interviene en la toma de decisiones a la hora de escoger proveedores y materias primas para poder establecer estrategias de gestión de residuos, políticas tributarias, programas de I+D...

-En el marketing, incluyendo declaraciones ambientales asociadas a un producto, proceso o servicio a la legislación medioambiental vigente.

La SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry) define el análisis de ciclo de vida como un proceso objetivo para evaluar cargas ambientales asociadas a un producto, proceso identificando y cuantificando el uso de materia y energía y sus vertidos al entorno, para determinar su impacto en el medio ambiente para así evaluar y poner en práctica la mejor estrategia medioambiental.

Tal y como se refleja en la norma ISO 14040:1997, la metodología del ACV consta de cuatro fases fundamentales: (*El análisis de ciclo de vida*,2006).



[Figura 4] Imagen ACV .(Dr. Joan Rieradevall i Pons, 2007).

- **Definición de objetivos y alcance:** Se establece la finalidad del estudio, los límites del sistema, datos...
- **Análisis de inventario:** Se cuantifican los flujos energéticos y materiales utilizados, tanto de entrada como de salida durante toda su vida útil hasta que son emitidos hacia el medio ambiente.

- **Evaluación de impactos:** Se realizará una clasificación y evaluación de los resultados obtenidos en el análisis de inventario, relacionando sus efectos ambientales y clasificándolos en categorías dependiendo del impacto que producen.
- **Interpretación:** Se evalúa en consonancia los resultados obtenidos en las fases anteriores con los objetivos definidos en el estudio para poder obtener las conclusiones finales.

Para comprender mejor lo que estamos relatando, profundizaremos en estos cuatro objetivos ya que estos son los que nos van a guiar a la hora de realizar un ACV.

3.1.2 DEFINICIÓN DE OBJETIVOS

En la definición de objetivos y alcance lo más importante es indicar claramente los objetivos que se persiguen, por qué se hace dicho estudio y qué tipo de utilidad va a tener.

El alcance del estudio abarcará las funciones del sistema del producto, la unidad funcional, las categorías de impacto y la metodología de evaluación de impacto, los requisitos iniciales, hipótesis y limitación y el formato de informe final. Todo debe de estar definido para asegurar que la amplitud, profundidad y detalle del estudio sean compatibles y así alcanzar el objetivo pronosticado. Al ser el ACV una técnica iterativa el alcance está sujeto a posibles cambios en el caso de que se ampliara dicho estudio.

La función del sistema consiste en estudiar las características de operación del sistema a analizar, por ello si tenemos dos sistemas que queremos comparar deben cumplir la misma función, en el caso de que no cumplan la misma funcionalidad se adecuara un sistema al otro.

El sistema tendrá una unidad funcional cuyo objetivo será proporcionar una referencia de todos los datos de entrada y salida, el cual servirá para el análisis de inventario. Hay dos tipos: Físico o funcional. Un ejemplo del físico sería un palet de ladrillos, en cambio un ejemplo del funcional sería un servicio de bebida en una conferencia.

Los límites del sistema se definen como un conjunto de procesos que conectados entre sí energéticamente dan como consecuencia la presencia del producto estudiado en el mercado. Estos enlazan los procesos del sistema y por ello en este nivel se deberían tomar decisiones sobre que procesos serán modificados, porqué y para qué se harán dichos cambios.

3.1.3 ANÁLISIS DE INVENTARIO

La segunda fase sería el análisis de inventario de ciclo de vida (ICV). Su misión consiste en la obtención de datos y procedimientos de cálculo, cuantificando las entradas y salidas relevantes del sistema analizado. En términos más específicos realizaremos un balance de los flujos energéticos y de materiales que entran y salen del sistema a lo largo de toda su vida útil. Para ello se debe indicar su origen y destino. Hay dos vías identificables, la naturaleza o la tecnosfera (medio no natural construido por el hombre); un ejemplo del mismo sería una central eléctrica, ya que se realiza un proceso para obtenerla; el carbón, crudos, agua serían entradas de la naturaleza.

El ICV se utiliza en el ACV para:

- Ayudar a las empresas a que dispongan de una visión sistemática de lo que fabrican.
- Identificar procesos unitarios donde se concentran la mayor cantidad de flujos energéticos, materia prima y emisiones al medio.

- Proporcionar datos que se puedan emplear para definir criterios aplicables al etiquetado ecológico.
- Ayudar a fijar alternativas relacionadas con la política de compras de la empresa. (*El análisis de ciclo de vida, 2006*).

El proceso de compilación de datos exige un conocimiento completo de cada proceso, implicando una descripción cuantitativa y cualitativa de las entradas y salidas para determinar el inicio y el fin del proceso unitario. También debe hacerse referencias a las fuentes de los documentos publicados posteriormente.

3.1.4 EVALUACIÓN DE IMPACTOS

Proseguiremos con la tercera fase de la metodología del ACV, que será la evaluación de impacto del ciclo de vida (EICV), en este apartado evaluaremos la importancia de los impactos potenciales ambientales, utilizando los resultados del análisis obtenido anteriormente.

Primeramente se determinan las denominadas categorías de impacto (efecto invernadero, acidificación del terreno...) y se utilizan indicadores para agrupar y explicar los resultados del ICV, estos pueden ser Kg CO₂, Kg SO₂... y reflejan las emisiones agregadas o recursos utilizados y descargados al medioambiente. En esta fase hay cierta subjetividad en la elección y evaluación de las categorías de impacto, por lo que la transparencia es crucial para verificar la elección, reseñando la estructura científica y metodológica.

La EICV se usa en el ACV para:

- Interpretar el inventario, analizando los impactos producidos por los flujos de energía y materiales.
- Identificar las oportunidades de mejora del sistema analizado.
- Comparar el sistema analizado y sus procesos unitarios en el tiempo.

- Indicar las variables medioambientales para que otras técnicas puedan aportar datos medioambientales complementarios e información útil para la toma de decisiones de la empresa.
- La realización de comparaciones relativas entre sistemas, basadas en los indicadores de categoría seleccionados.

La fase de evaluación de impacto se determina por cuatro fases:

- Clasificación, caracterización, normalización, valoración o ponderación.

En el apartado de la clasificación seleccionaremos las categorías de impacto que hay que evaluar para poder asignar los resultados a la categoría a la que correspondan. Dichas categorías se definen como los impactos sobre el medioambiente causados por los flujos energéticos y materiales del producto a analizado. Los efectos de dichos impactos se agruparán según el potencial impacto que puedan general al sistema. Por ejemplo, los kg de SO₂ emitidos a la atmosfera pertenecerían a la categoría de impacto de salud humana y acidificación.

La caracterización es una fase en la que hay que tener en cuenta los resultados obtenidos en el inventario y los factores de caracterización de cada sustancia incluida dentro de la categoría, ya que realizaremos una conversión de los resultados del ICV, multiplicando ambos resultados de la sustancia a analizar.

Un caso podría ser el del calentamiento global el cual representa las emisiones de CO₂, CH₄ y N₂O emitidos por una acción humana. Cada uno de estos gases contribuyen en mayor o menor medida al medioambiente, para ello tomaremos el kg de CO₂ como la unidad y a partir de ahí, lo multiplicaremos por su factor de caracterización, pudiendo así obtener una valor de referencia para los demás gases, de esta manera podemos saber que el kg de CH₄ es 21 veces superior al de CO₂ y el de N₂O es 310 veces mayor. (*Dr. Joan Rieradevall i Pons, 2007*).

Para saber el efecto de nuestro análisis sumaremos los kg de cada gas multiplicado por su factor de caracterización correspondiente.

En la normalización estudiaremos el porcentaje real que perjudica el sistema analizado al entorno global que nos atañe. Para ello utilizaremos los factores de normalización que constituyen la magnitud real de la categoría de impacto para un área geográfica en un tiempo determinado. Para poderlo ver más claro recurriremos a un ejemplo:

Si el sistema que estamos analizando emite 30 toneladas de CO₂ anualmente al medioambiente iremos a la categoría “calentamiento global” y observaremos las emisiones anuales emitidas globalmente que son (orientativamente) 38×10^9 toneladas de CO₂. Dividiremos ambas cifras obteniendo un resultado adimensional en tanto por uno, y este resultado será la carga que supone al medioambiente nuestro sistema.

En el apartado de la valoración utilizaremos los valores de ponderación que están basados en decisiones subjetivas. Consiste en multiplicar dichos factores por el resultado de la normalización para cada categoría de impacto y sumarlos para obtener un resultado total del sistema analizado. Actualmente la normativa ISO considera opcional este apartado dentro del EICV ya que está sujeto a valoraciones subjetivas ya que el EICV tiene que basarse en criterios exclusivamente científicos, de este modo encajaría mejor en la parte de interpretación.

3.1.5 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

El último apartado de la metodología es la interpretación de resultados, en esta los objetivos que se persiguen son analizar los resultados, establecer las conclusiones, explicar las limitaciones del sistema y recomendar soluciones basadas en los resultados de las fases anteriores así como informar de los resultados de una forma transparente. Hay que destacar tres partes dentro de este informe:

- Identificar variables significativas: consiste en determinar qué proceso perjudica más y cuales se podrían obviar.
- Verificación de resultados: comprueba y contrasta la información y los resultados para mayor fiabilidad del estudio mediante técnicas de comprobación de integridad, sensibilidad y consistencia. La primera se encarga de asegurar que toda la información esté disponible y completa. La segunda evalúa la fiabilidad de los resultados finales y conclusiones y la última valora si las hipótesis tomadas son coherentes y se puede alcanzar dicho objetivo.
- Conclusiones: El establecimiento de conclusiones debe hacerse de forma interactiva considerando todas las fases del ACV. Las recomendaciones deberán basarse en las conclusiones finales del estudio. (*El análisis de ciclo de vida*, 2006).

3.1.6 ELABORACIÓN DEL INFORME FINAL

El informe deberá presentar todos los resultados, datos, métodos, hipótesis y limitaciones de forma transparente y con el suficiente detalle para permitir la comprensión de las dificultades inherentes al estudio del ACV. El informe deberá también permitir la utilización de los resultados e interpretación, de manera consistente con los objetivos del estudio.

3.1.7 REVISIÓN CRÍTICA

La revisión pretende verificar si un ACV se ajusta a la metodología estándar, comprobar la transparencia del informe, comprobar que los métodos usados son científica y técnicamente validos, comprobar que los datos obtenidos están en concordancia con los objetivos planteados y comprobar si las interpretaciones reflejan las limitaciones del estudio.

La revisión crítica puede facilitar la comprensión del estudio del ACV y reforzar su credibilidad, por ejemplo, involucrando a las partes interesadas. (*El análisis de ciclo de vida, 2006*).

3.2 MÉTODOS DE CÁLCULO

En esta tabla se representan la mayoría de métodos que se conocen para realizar un análisis de ciclo de vida.

Metodología	Características	Entidad desarrolladora
<i>CML 92</i>	Método de impacto intermedio muy utilizado con una caracterización relativamente simple y de diversas opciones normalización	CML (Holanda)
<i>CML 2 baseline 2000</i>	Actualización del método CML 92 con modelos más avanzados	CML (Holanda)
<i>EPS 2000</i>	Método orientado a daños, que considera la monetarización (disposición a pagar) como ponderación	IVL (Suecia)
<i>Ecoindicador 95</i>	Método de distancia al objetivo, basado en objetivos científicos. Incluye modelos orientados a los daños	PRé (Holanda)
<i>Ecoindicador 99</i>	Actualización del método Ecoindicador 95. Método orientado a los daños, utiliza indicadores de categoría de impacto final. Incluye 3 versiones que consideran distintas hipótesis	PRé (Holanda)
<i>IMPACT 2002+</i>	Método orientado a los daños con muchas semejanzas al método Ecoindicador 99, pero con los factores de toxicidad completamente recalculados	EPFL (Suiza)
<i>TRACI 2002</i>	Método de impacto intermedio desarrollado por US EPA	US EPA (Estados Unidos)
<i>Ecopuntos 97 y 2006</i>	Método de distancia al objetivo, basado en los objetivos de la política suiza. También conocido como método Ecoscarcity o UBP. Existen dos versiones: 1997 y 2006, siendo ésta la última actualización	E2, ESU services (Suiza)
<i>EDIP 97 y 2003</i>	Método de caracterización y normalización desarrollado por la DTU. Existen dos versiones: 1997 y 2003, siendo ésta la última actualización	EDIP - DTU (Dinamarca)
<i>LIME</i>	Método japonés que incluye diversas categorías de impacto intermedio y final	AIST (Japón)
<i>LUCAS</i>	Método canadiense de impacto intermedio que adapta algunos modelos de caracterización de TRACI 2002 e IMPACT 2002+	CIRAIG (Canadá)
<i>RECIPE</i>	Método reciente que integra y actualiza los métodos Ecoindicador 99 y CML 2, incluyendo categorías de impacto intermedio y final	RUN, PRé, CML y RIVM (Holanda)

<i>MEEUP</i>	Metodología de impacto intermedio enfocada al diseño ecológico de productos	VhK (Holanda)
<i>IPCC</i>	Metodología de impacto enfocada al potencial cambio climático.	OSACT (UN)

[Tabla 1] Metodologías de evaluación de impactos para el ACV

Para el desarrollo del proyecto se han tenido en cuenta estas metodologías:

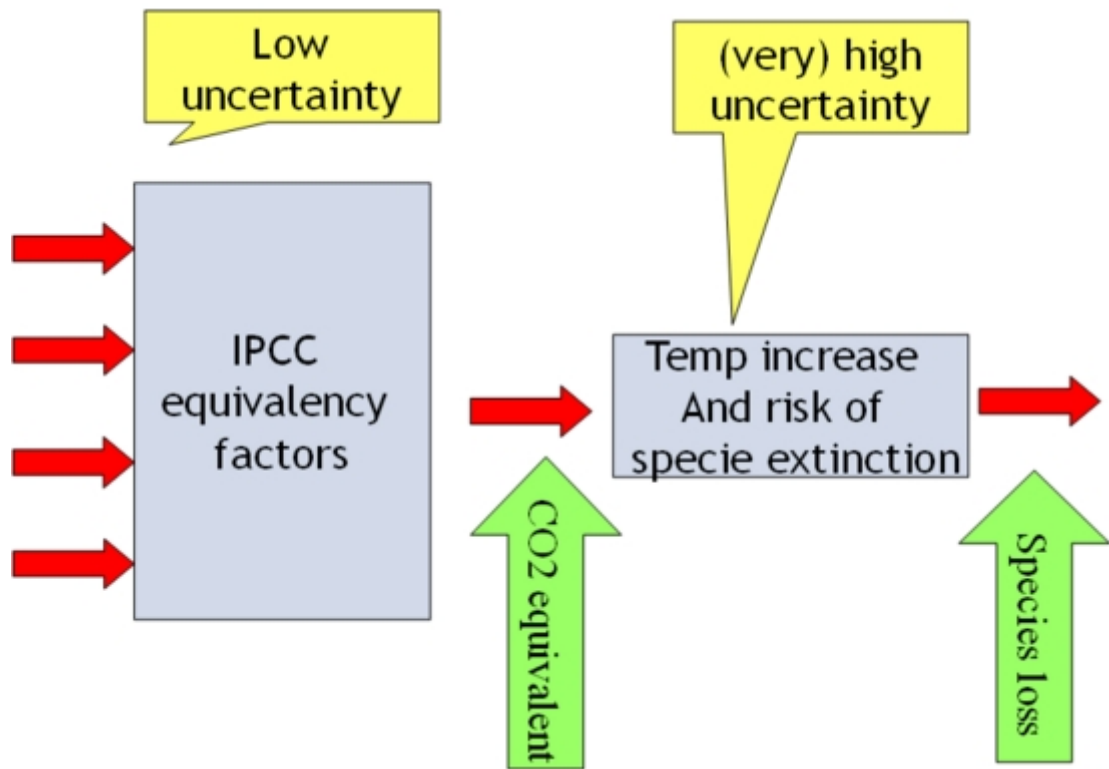
3.2.1 ReCiPe MidPoint (E)

El objetivo principal del método del ReCiPe, es transformar la larga lista de resultados de Inventario del Ciclo de Vida, en un número limitado de puntuaciones de los indicadores. Estas puntuaciones expresan la gravedad relativa de una categoría de impacto ambiental. Existen dos niveles:

- Dieciocho indicadores del punto medio.
- Tres indicadores de punto final.

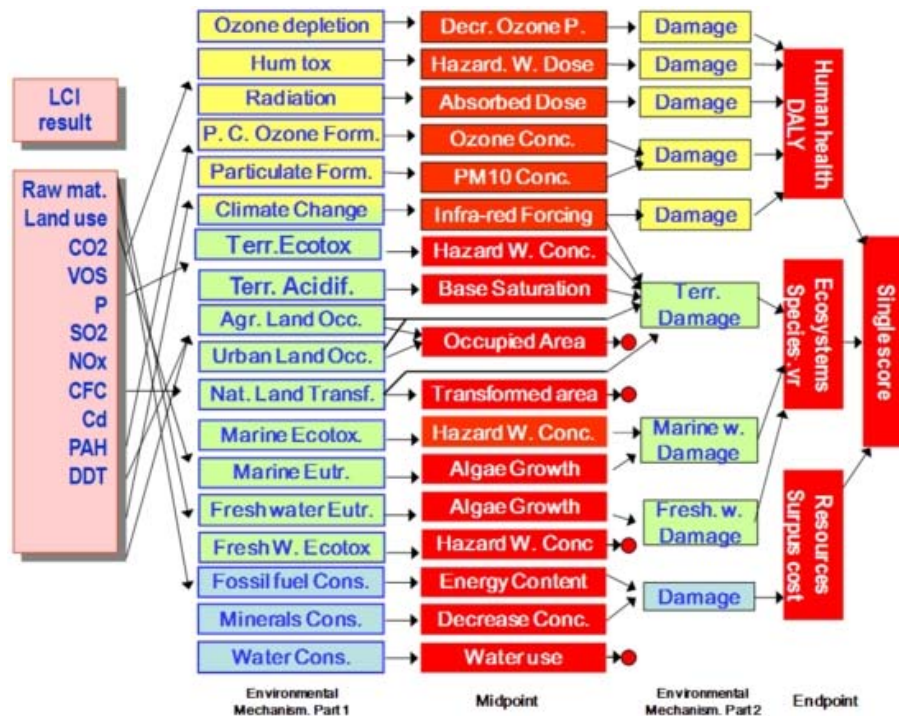
Recipe utiliza un mecanismo del medio ambiente como base para el modelado. Un mecanismo de medioambiente puede ser visto como una serie de efectos que pueden generar un cierto nivel de daño, por ejemplo, la salud humana o los ecosistemas. Por ejemplo, para el cambio climático, se sabe que lo originan una serie de sustancias, el aumento radiactivo... Esto significa que el calor se evita que se irradie desde la tierra al espacio. Como resultado, más energía se encuentra atrapado en la tierra, y aumenta la temperatura. Como resultado de esto, podemos esperar cambios en el hábitat de los organismos vivos, y como resultado de esta especie podría extinguirse.

A partir de este ejemplo, está claro que el tiempo hace que este mecanismo de medioambiente intenta conseguir la mayor de las incertidumbres. (<http://www.lcia-recipe.net/>)



[Figura 5] Ejemplode un sistema armonizadode cambioclimático ala salud humana yel daño al ecosistema desde un punto medio hasta un punto final. (<http://www.lcia-recipe.net/>)

La siguiente figura proporciona la estructura general del método:



[Figura 6]Esquema indicadores

3.2.2 Eco-Indicador 99

El Eco-Indicador 99 es una ciencia basada en el método de evaluación del impacto de LCA y un método de diseño ecológico. Ofrece una forma de medir los efectos ambientales y muestra el resultado final en una sola puntuación.

Para calcular los Eco-indicadores es necesario dar tres pasos:

1. Inventario de emisiones relevantes, la extracción de recursos y el uso del suelo de todos los procesos incluidos en el Ciclo de Vida de un producto. Es un procedimiento estándar de los LCA.
2. Cálculo de los daños que pueden causar esos flujos a la salud humana, a la calidad del ecosistema y a los recursos.
3. Ponderación de los tres categorías de daño.

PONDERACIÓN

Es el paso más crítico y controvertido en una metodología.

En el método tradicional LCA, las emisiones y las extracciones de recursos se expresan en forma de 10 o más categorías diferentes, como la acidificación, la disminución de la capa de ozono, la ecotoxicidad y la extracción de recursos. Para un grupo formado por expertos y no expertos es muy difícil establecer factores significativos para un número tan grande y tan abstracto de categorías de impacto. El problema consiste en que los miembros de ese grupo tienen problemas para comprender realmente la seriedad de esas categorías de impacto.

En este método solo se evalúan tres categorías de impactos:

1. *Daño a la salud humana*: Expresado como el número de años de vida perdidos y el número de años en que se ha sufrido una enfermedad. Se combinan bajo el nombre de “años de vida sometidos a una discapacidad” (DALYs), término utilizado también por el banco mundial y la OMS.
2. *Daño a la calidad del ecosistema*: expresado como la pérdida de especies en una área determinada durante un tiempo determinado.
3. *Daño a los recursos*: expresados como el exceso de energía que se necesitará para extraer minerales y combustibles fósiles en el futuro.

Caracterización de los 3 métodos empleados:

	Perspectiva de tiempo	Razonabilidad	Nivel de evidencia necesario
J (Jerárquico)	Balance entre plazos largos y cortos de tiempo	Una política apropiada puede evitar muchos problemas	Inclusión basada en el consenso
I (Individualista)	A corto plazo	La tecnología puede evitar muchos problemas	Sólo efectos probados
Ig (Igualitario)	A muy largo plazo	Los problemas pueden llevar a la catástrofe	Todos los efectos posibles

[Tabla 2] Métodos eco-indicador 99”

Estos “arquetipos” están tomados del marco de *Teoría Cultural* (Thompson 1990 y Hofstetter 1998) y se utilizan frecuentemente en ciencias sociales. Por supuesto, esta teoría no implica que necesariamente haya tres tipos de personas: los arquetipos son modelos conceptuales, la mayoría de la gente emplea las tres perspectivas en su vida diaria. *Sociedad Pública Gestión Ambiental IHOBE Manual práctico del ecodiseño* (Mark Goedkoop, Suzanne Effing y Marcel Collignon, 2006).

3.2.3 IPCC 100 AÑOS

El IPCC 2007 es el sucesor del método IPCC 2001, que fue desarrollado por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Este método analiza los factores de caracterización del calentamiento global y emisiones a la atmosfera.

Las directrices del IPCC han sido concebidas para estimar las emisiones y remociones antropogénicas de los gases de efecto invernadero y preparar los inventarios nacionales correspondientes. En términos generales, por “antropogénicas” se entienden aquellas emisiones y remociones de gases de efecto invernadero que son resultado directo de actividades humanas, o de procesos naturales que se han visto afectados por las actividades humanas. Los usuarios pueden incluir en su inventario todo tipo de emisiones y remociones debidas a actividades humanas siempre y cuando éstas puedan cuantificarse y documentarse claramente.

as	PCG (IPCC 2001)
CO ₂	1
CH ₄	23
N ₂ O	296
HFC-23	12
HFC-125	3,4
HFC-134a	1,3
HFC-143a	4,3
HFC-152a	120
HFC-227ea	3,5
HFC-236fa	9,4
PFCs (CF ₄)	5,7
(C ₂ F ₆)	11,9
(SF ₆)	22,2

[Tabla 3] Comparación de los potenciales de calentamiento global para un horizonte temporal de 100 años calculados por el IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) según el Segundo (1996) y Tercer (2001) informe de análisis.[IPCC 2001]

3.2.4 BASE DE DATOS DEL ACV

La siguiente tabla muestra las principales bases de datos que se pueden utilizar en los estudios de ACV.

Base de datos (año)	Contenido	Entidad desarrolladora	Nº de procesos
ELCD core database v.II (2009)	Materiales, transformación de energía, transporte y gestión de residuos	Diversas entidades, asociaciones y organizaciones europeas < http://lca.jrc.ec.europa.eu/lcainfohub/datasetCategories.vm >	316
U.S. Life-Cycle Inventory database v.1.6.0 (2008)	Flujos de energía y materiales para los procesos unitarios más comunes	National Renewable Energy Laboratory (Estados Unidos) < www.nrel.gov/lci/database >	355
US IO database (2003)	Datos Input-Output para Estados Unidos	CML, University of Leiden (Países Bajos) < www.leidenuniv.nl/interfac/cml >	481
Danish IO database (1999)	Datos Input-Output para Dinamarca	2.0 LCA Consultants (Dinamarca) < www.lca-net.com >	793
LCA Food DK (2003)	Datos de alimentación		671
Ecoinvent v1.2 (2005)	v1.2 (2005) Gran variedad de procesos incluyendo energía, transporte, materiales de construcción, productos químicos, agricultura, gestión de residuos, etc. de Suiza y Alemania	Ecoinvent centre (Suiza) < www.ecoinvent.ch >	2.700
Ecoinvent v2.0 (2007)			4.000
IVAM LCA Data v.4.06 (2004)	Datos holandeses sobre materiales, transporte, energía y tratamiento.	IVAM Environmental Research (Holanda) < www.ivam.uva.nl/index.php?id=164&L=1 >	1.350
Boustead Model v.5.0.12 (2006)	Amplia base de datos de materiales, producción de combustibles y energía	Boustead Consulting Limited (Reino Unido) < www.boustead-consulting.co.uk >	-

Athena database v.4 (2009)	Consumos energéticos y emisiones de productos de la construcción a lo largo de su vida útil	Athena Institute (Canadá) <www.athenasmi.org/tools/database/index.html>	1.200
Industry data (2001)	Diversos datos publicados por asociaciones industriales	Varios asociaciones internacionales, como la asociación PlasticsEurope <www.plasticseurope.org>	74
Idemat (2001)	Base de datos holandesa, compilada a partir de distintas fuentes	Delft Technical University (Países Bajos) <www.io.tudelft.nl>	508
Buwal 250 (1997)	Materiales generales, energía, transporte, residuos, etc	Swiss Institute of Packaging (Suiza) <www.umweltschweiz.ch/buwal/eng/index>	248
ETH-ESU (1996)	Amplia base de datos suiza centrada en energía, transporte y residuos	ETH-ESU (Suiza) <www.uns.ethz.ch>	1.200
GEMIS 4.5 (2009)	Base de datos gratuita que engloba procesos energéticos y de transporte, materiales, procesos de reciclaje y de tratamiento de residuos	Öko-Institut (Alemania) <www.gemis.de>	-
Franklin (1996)	Base de datos estadounidense sobre energía, transporte y materiales generales	Franklin Associates Ltd (EEUU) <www.fal.com>	78
Banco Bedec (2009)	Coste energético y emisión de CO2 de elementos de edificación, urbanización, ingeniería civil, etc	ITEC (España) <www.itec.es/nouBedec.e/presentacionbedec.aspx>	-
LCA_sostenipra v.1.0 (2007)	Producción de biomasa, uso de madera, reciclaje, arquitectura sostenible	SosteniPrA - Universitat Autònoma de Barcelona (España) <www.sostenipra.cat>	-

[Tabla 4] Bases de datos para ACV (Zabalza, 2010)

Para el desarrollo del proyecto se ha utilizado la base de datos Ecoinvent v2.0 (2007).

ECOINVENT v2.0

Es una base de datos desarrollada por el centro suizo del mismo nombre, creada a partir de una iniciativa conjunta del Instituto suizo de investigación ETH y diversas Oficinas Federales Suizas (PSI,EPFL,EMPA,ART). En su versión 2.0 de 2007 se incluyen 4.000 procesos de sistema con una amplia documentación justificativa. En los inventarios se engloban datos internacionales sobre el suministro de energía, extracción de recursos, distintos tipos de materiales, productos químicos, metales, procesos agrícolas, servicios de gestión de residuos y servicios de transporte. De acuerdo con la norma de estandarización ISO 14044:2006, los indicadores de categoría que van a utilizarse en aseveraciones comparativas previstas para su divulgación al público deben ser como mínimo, válidos científica y técnicamente, es decir utilizando un mecanismo ambiental diferenciado, identificable y/o observación empírica reproducible. (Zabalza, 2010).

3.3 CATEGORIAS DE IMPACTO

RECURSOS:

1. agotamiento de recursos bióticos.
2. agotamiento de recursos abióticos.
3. agotamiento de recursos hídricos.
4. energía adicional para extraer minerales y combustibles fósiles.
5. uso del terreno.
6. Factor de uso de recursos.
7. demanda de exergía acumulada.

CONTAMINACIÓN DEL AIRE

1. potencial de calentamiento global
2. potencial de disminución de la capa de ozono.

3. acidificación potencial.
4. niebla de invierno.
5. formación de oxidantes fotoquímicos.
6. olor.

CONTAMINACIÓN DEL AGUA

1. eutrofización potencial.
2. ecotoxicidad acuática.

CONTAMINACIÓN DEL SUELO Y RESIDUOS

1. ecotoxicidad terrestre.
2. cantidad de residuos sólidos.
3. cantidad de residuos radiactivos.

DAÑOS, SALUD Y BIODIVERSIDAD

1. toxicidad humana.
2. metales pesados.
3. sustancias cancerígenas.
4. pérdida de años de vida ajustados en función de la discapacidad (DALY)
5. radiación ionizante.
6. agotamiento de recursos bióticos.
7. impacto del uso del terreno.
8. fracción potencialmente desaparecida.

Agotamiento de recursos abióticos: se utilizan datos relativos a materias primas o las reservas de combustible, sobre los que existe una gran incertidumbre.

Uso del terreno: El uso de la Tierra tiene impacto sobre la diversidad de las especies. Dicha diversidad depende del tipo de uso de la misma y del tamaño de área local. Su daño se expresa en $\text{PDF m}_2 \text{ año/m}_2$.

Demanda de energía acumulada: incluye la energía de origen renovable. Se debe hacer una distinción entre los tipos de energías que se utilizan.

Agotamiento de recursos hídricos: exige definir el tipo de agua que se contabiliza (agua potable, agua de ríos, aguas subterráneas, etc.), o por el contrario si solo se contabiliza el consumo de agua neta considerando que una parte del agua que se devuelve es residual para su tratamiento o directamente se vierte al río.

Acidificación-Eutrofización: La acidificación es causada por la emisión de protones en los ecosistemas terrestres y acuáticos. En el ecosistema terrestre se manifiesta con la disminución de los bosques y su posterior desaparición. En el acuático se presenta como lagos ácidos sin ningún tipo de vida silvestre. La eutrofización es el exceso de nutrientes. El proceso sufre una nitrificación, causada por el nitrógeno, fósforo y sustancias orgánicas degradables.

Combustibles fósiles: Energía para extraer MJ, kg... implica el descenso del combustible fósil y por lo tanto la calidad de los recursos. El alcance geográfico es global.

Potencial del calentamiento global: En este caso para su evaluación se pueden considerar diversos horizontes temporales. En estudios aplicados a la edificación se suele aplicar un factor a 100 años. Sin embargo otra perspectiva afirma que los efectos a corto plazo podrían tener más influencia, causando una evolución más rápida del clima.

No tiene en cuenta la localización de emisiones de CO₂ a pesar de que es cuestionable el lugar donde se emita, ya que no es lo mismo que se emita en un lugar más cálido que en un lugar más frío.

Cambio climático: Factores basados en el IPCC a 100 años. Se han dividido en tres grupos distintos de gases: los que tienen una vida atmosférica menor de 20 años, como el metano. Los que se comprenden entre 20 y 100 años como el CO₂ y lo que superan los 100 años con el N₂O.

Capa de ozono: El factor que afecta a este indicador son los CFC (hidrocarburos que contienen cloro). Este indicador ha sido creado por la WMO (World Meteorological Organization). El daño viene ligado a las radiaciones UV como resultado de emisiones reductoras de ozono al aire. El alcance es global.

Ecotoxicidad acuática: Este indicador cataloga el perjuicio de a las plantas y animales en función de su ubicación, por lo tanto es igual de cuestionable el que no se relacione con el lugar de emisión.

Contaminación del suelo y residuos: Es importante dentro del sector de la construcción. Existen tipos de residuos: inertes, peligrosos... Algunos residuos se tratan posteriormente (incineración, reciclaje...) y una parte terminará en vertederos.

Indicadores relacionados con los “daños”, salud y biodiversidad: La unidad con la que se relaciona es el DALY y el PDF. Existe incertidumbre sobre sus resultados. Precisa de adaptación a distintas zonas geográficas.

Sustancias cancerígenas: Se representa con el DALY/Kg y expresa la suma de los años de vida perdidos por mortalidad prematura y los años de vida productiva perdidos por incapacidad.

Radiación: Esta basado en estudios para la industria nuclear alemana. El alcance del indicador es a escala regional y local.

Ecotoxicidad: Daños a la calidad del ecosistema, como resultado de emisiones de sustancias tóxicas al aire, agua y tierra. Los principales son los metales pesados, siendo su sustancia de referencia el cromo. Su alcance es global, regional y local. (Zabalza, 2010).

Capítulo 4

CASO DE ESTUDIO: CICLO INTEGRAL DEL AGUA EN ZARAGOZA

4 CASO DE ESTUDIO: CICLO INTEGRAL DEL AGUA EN ZARAGOZA

En este capítulo se muestran los principales resultados del caso de estudio desarrollado en este PFC: el ACV del ciclo integral del agua en Zaragoza.

En la primera parte del capítulo se realiza una descripción general de las particularidades del ciclo del agua en Zaragoza. A continuación se explican las distintas fases del desarrollo del ACV realizado según la metodología explicada en el capítulo 3 y finalmente se resumen los resultados y se explican las conclusiones obtenidas.

4.1 CICLO DEL AGUA EN ZARAGOZA

4.1.1 CAPTACIÓN

El agua de la que se abastece la ciudad de Zaragoza puede provenir de distintos orígenes. La de mejor calidad proviene de los Pirineos, exactamente de aguas almacenadas en Yesa. Los caudales se captan desde el final de la acequia de Sora (Luna, al sur de Castejón de Valdejasa), a su vez proveniente del Canal de Bardenas, de dónde nace un canal que se bifurca y abastece a los depósitos intermedios de Sora (con dos vasos de regulación de 202.000 m³). De ahí parte la tubería principal que va enterrada hacia el sur, cruzando el Ebro en un sifón hasta el embalse de la Loteta (inmediaciones de Gallur) trazando un recorrido de 30 km de longitud y 2 m de diámetro de tubería, pudiendo transportar 11 m³/s. Junto con el embalse de la Loteta se ha construido los depósitos intermedios de regulación (Fuempudia) de 200.000 m³. El embalse de la Loteta sirve para almacenar los excedentes del sistema de Bardenas (Navarra), o mediante bombeo almacenar desde el Canal Imperial. El agua llega a la Loteta por gravedad desde Sora, pero sólo puede salir por bombeo, por lo que siempre que se pueda se abastecerá

directamente por gravedad desde Sora. La tubería de la Loteta a Zaragoza, parte de los depósitos de Fuempudia trazando por el margen derecho del río Ebro un recorrido de 43,8 km y entre 1,6 y 1,8 m de diámetro, pudiendo transportar hasta 4,2 m³/s. Y por último llega a los depósitos de Casablanca de 176.000 m³ después de haber recorrido 73 km. (Aristu I., 2009), justo al lado de la potabilizadora y en el otro margen del Canal Imperial.

Otro origen posible (el habitual hasta 2009) es la captación de agua del Canal Imperial de Aragón. El Ebro a pesar de ser el río más representativo de la ciudad, arrastra en sus aguas sales derivadas de la erosión natural lo que hace que sea un agua dura y también que debido a su actividad humana aguas arriba hace que su calidad disminuya por la contaminación de residuos urbanos e industriales. Sólo en situaciones de sequía, o de operación y mantenimiento del canal, se suele utilizar el agua del río Ebro, que tiene una instalación de impulsión situada aguas arriba de la ciudad, en las inmediaciones del Parque Deportivo Ebro (aguas arriba del barrio de la Almozara), que suministra a través de una tubería de impulsión de 4 km de longitud. En cambio, para la captación desde el Canal Imperial, se cuenta con un doble punto de captación, que garantiza un alto nivel de suministro (Ayuntamiento de Zaragoza, 2008).

4.1.2 POTABILIZACIÓN

El agua captada debe ser apta para el consumo humano, y debido a la absorción rápida de sustancias naturales procedentes de actividades relacionadas con el ser humano, debe ser tratada. Los principales contaminantes del agua son tres: los minerales (metales y compuestos químicos), los orgánicos (detergentes, gasolina, etc.), y los biológicos o microbiológicos (virus, bacterias y parásitos).

En el procedimiento, primero se realiza un cribado o desbaste, con el fin de eliminar los sólidos flotantes, tales como hierbas acuáticas, basuras, maderas... a la

entrada de la planta, en dónde en general, mediante un sistema de compuertas y una válvula reguladora, se regula el caudal de agua.

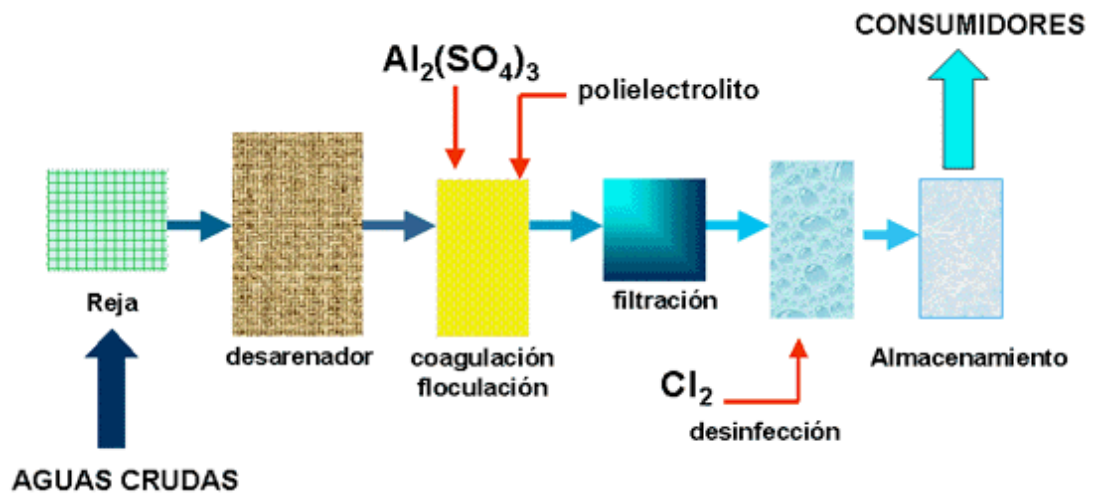
Al inicio del tratamiento se añaden coagulantes y floculantes al inicio del tratamiento que facilitan la sedimentación de los materiales disueltos en agua mediante uno o varios mezclador/es en los tanques por los que circula el agua, para posteriormente ir creando flóculos que se van formando a través de los decantadores en el fondo de un manto de lodos, siendo estos últimos eliminados y tratados correctamente.

El agua decantada pasa a los filtros, atravesando un lecho de arena de grava y antracita, donde quedan retenidas las partículas que no fueron eliminadas en el proceso de decantación. Cada cierto tiempo este filtro de arena es lavado, ya que va perdiendo capacidad de filtrado al acumularse nuevas sustancias. Este lodo resultante es enviado junto con el de la purga de los decantadores a la línea de tratamiento de lodos.

El agua filtrada se regula sometiéndola a una cloración durante un tiempo en los tanques de almacenamiento, para así asegurar la eliminación de sustancias patógenas que pueden afectar al ser humano. De esta manera, se mantendrá el agua en perfecto estado a lo largo de la red de conducción hasta los puntos de consumo.

El manto de lodos se somete a depósitos de recuperación, purga, espesadores, filtros, y dispensadores de reactivos así como también se usa cal y polielectrolito, y es recirculado y mezclado a la cabecera de la instalación junto con el agua cruda. Los fangos deshidratados finales son llevados a vertederos autorizados (C. A. Asturias, 2001) (Delgadillo, A. y Ramírez, O., 2005).

La planta cuenta con una línea de tratamiento de fangos, con el que se ha conseguido un ahorro de 5 hectómetros cúbicos en el proceso de potabilización.



[Figura 7] Esquema tratamiento potabilización de aguas crudas, (ciclo del agua 2008, Zaragoza)

4.1.3 ALMACENAMIENTO

El almacenamiento de agua tratada tiene como función compensar las variaciones horarias del consumo y almacenar un volumen estratégico para situaciones de emergencia.

Los depósitos de agua son un elemento fundamental en una red de abastecimiento de agua potable. Las plantas de tratamiento de agua potable funcionan mejor si tienen poca variación del caudal tratado.

Las plantas de tratamiento se dimensionan por lo tanto para que puedan producir la cantidad total de agua que la ciudad consume a lo largo del día, y los tanques absorben las variaciones horarias: cuando hay poco consumo se llenan, y cuando el consumo es máximo se vacían.

Existen tres tipos de depósitos para agua tratada:

- Depósitos apoyados en el suelo
- Depósitos enterrados
- Depósitos elevados

Tanto los depósitos apoyados en el suelo como los enterrados pueden llegar a tener grandes dimensiones, hasta varios miles de metros cúbicos.

Los depósitos elevados, también llamados torres de agua tienen la función de asegurar en la red la presión adecuada, en los períodos de pico de consumo.

Es importante que se cubran los depósitos a fin de evitar la evaporización.

Los depósitos abastecidos desde la planta potabilizadora de Casablanca son las cabeceras de red existente y permiten dotar de agua potable a la población.

La ubicación está planificada de tal manera que se aprovechan las cotas topográficas para conseguir distintas presiones, con las que la distribución se efectúa por gravedad desde los depósitos situados a una cota adecuada. *(Ciclo de agua 2008, Zaragoza)*.

La ciudad de Zaragoza almacena el agua en depósitos situados en la misma ciudad y cercanías. En esta tabla se adjuntan los depósitos con sus respectivas capacidades.

Depósito abasto (etapa abasto)	Capacidad, m ³
Casablanca ACESA superior	150000
Casablanca ACESA inferior	30000
Casablanca ACESA lúdico (entrada Canal)	15000
Casablanca (fuera de uso)	180000
Casablanca actual	150000
Canteras (cerrado, no en GE)	14400
Los Leones (fuera de uso, 2)	4000
Academia (2x66/50 m diametro)	15000
Valdespartera (Montecanal, no en GE)	8000
Valdespartera nuevo (Romareda)	41875
Villamayor (no GE)	150
Peñaflor bajo (no GE)	2400
Peñaflor alto (no GE)	200
Garrapinillos elevado (no GE)	100
Villarrapa* (560 m3 en GP, no en GE)	900
Alfocea (no en GE)	8
Ecociudad Valdespartera (2, cerrados)	
Impulsión Canteras (no depósito)	
Rosales del Canal	
Valdefierro (fuera de uso, torre)	
Barrio Oliver (fuera de uso, torre)	

Pignatelli (fuera de usom, abierto)	82000
Puerto Venecia	
Empresarium	

[Tabla 5] **Capacidad de los depósitos de abasto de Zaragoza
(Ayuntamiento de Zaragoza, GP y ACESA)**

El mantenimiento óptimo de estas instalaciones es fundamental ya que cualquier tipo de deficiencia o deterioro provoca pérdidas de volumen de agua. Por ello la revisión, mantenimiento y actualización de estos depósitos es importante con el fin de evitar esta pérdida de volumen.

Para el control del caudal se utilizan medidores colocados en las distintas salidas de cada depósito, en puntos de impulsión y en distintos puntos a lo largo de la red. *(Ciclo del agua 2008, Zaragoza).*

4.1.4 DISTRIBUCIÓN Y TRANSPORTE

La red de distribución se inicia en el tanque de agua tratada, consta de:

- Estaciones de bombeo
- Tuberías principales, secundarias y terciarias.

Las estaciones de bombeo son estructuras destinadas a elevar el agua desde un nivel energético inicial a un nivel energético mayor.

En general, las estaciones de bombeo constan de las siguientes partes:

- Rejas
- Cámara de succión
- Bombas

- Línea de impulsión
- Servicios auxiliares:
 - _ Dispositivos de protección contra el golpe de ariete
 - _ Línea de alimentación de energía eléctrica o combustible
 - _ Sistema de monitoreo y telecomunicaciones

Las tuberías son elementos de diferentes materiales que cumplen la función de permitir el transporte de agua de forma eficiente.

La red de distribución de Zaragoza es mixta, es decir conjuga red mallada y ramificada. La red mallada, que se encuentra en el casco urbano de la ciudad, ofrece ciertas ventajas que influyen para un uso sostenible del agua. La red de distribución comienza a ser ramificada al dirigirse hacia la periferia. (*Ciclo de agua 2008, Zaragoza*).

La ciudad cuenta con una red de distribución de agua potable de más de 1.300 kilómetros de longitud.

Los materiales utilizados en la red son: Chapa de acero, fibrocemento, fundición dúctil (más utilizado), fundición gris, hormigón armado con camisa de chapa, polietileno, polipropileno, PVC y PRFV (Poliéster con fibra de vidrio).

Uno de los principales problemas es el deterioro de la red, ocasionando pérdidas importantes de agua. Este problema es ocasionado por la antigüedad de algunas tuberías y por el material con el que están fabricadas. (*Ciclo de agua 2008, Zaragoza*).

El Plan de Mejora de la Gestión y Calidad del Abastecimiento de Agua del Ayuntamiento de Zaragoza, entre sus actuaciones, contempla la renovación de la red de distribución. Actuación que se lleva a cabo según los objetivos marcados e incluso por encima.

La renovación de tuberías se lleva a cabo con aquellas que tienen agravante especial, como son las tuberías de fibrocemento. Sobre éstas se produce el mayor

número de fugas y de roturas ya que soportan peor la carga. Actualmente la red cuenta con 366 kilómetros de tubería de fibrocemento.

Los materiales que se consideran adecuados son la fundición dúctil y el polietileno, ya que conjugan idoneidad sanitaria con unas buenas condiciones para la conducción del agua (*Ciclo de agua 2008, Zaragoza*).

En cuanto al control del consumo en Zaragoza, se está instalando el control volumétrico sectorizado (90 sectores), con una cantidad que oscila entre los 5.000 y los 10.000 usuarios por sector. Cada sector se alimenta por un punto único, en el cual se controlan los caudales y presiones de modo preciso.

4.1.5 RED DE SANEAMIENTO

La red de saneamiento de la ciudad cuenta con unos 1.200 kilómetros de longitud, cuya fabricación ha sido realizada por estos materiales: Fibrocemento, fundición, gres, hormigón+ladrillo, hormigón, ladrillo, material plástico, polipropileno. Sus secciones son diversas, ya que se pueden encontrar en forma circular, abovedada, rectangular, visitable, ovoidea...

4.1.6 TANQUES DE TORMENTA

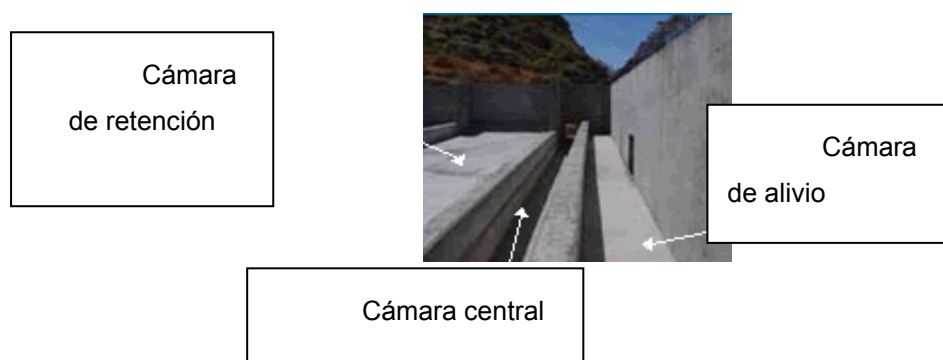
Los tanques de tormenta son dispositivos de control de la red de saneamiento destinados minimizar y controlar los impactos de episodios climatológicos torrenciales que aportan gran cantidad de agua en momentos puntuales, limitando así el caudal producido en los períodos de lluvia cuando los colectores reciben más caudal del que pueden transportar.

Los tanques tormenta pueden colocarse en línea o en paralelo respecto a la red de saneamiento. La elección de una tipología u otra de tanque depende de la importancia del tanque (volumen a retener) y de las posibilidades de ubicación.

Un tanque tormenta cuenta con cuatro partes principales:

- Una cámara central, que recibe el agua residual desde la entrada al tanque hasta el elemento regulador del caudal.
- Una cámara de retención donde se almacena la primera fase de la tormenta una vez se ha superado la capacidad de la cámara central.
- Una cámara de alivio por la que se drenan los excesos de la tormenta al medio receptor.
- Y cámara seca donde se ubica el elemento regulador de caudal.

(Ciclo de vida 2008, Zaragoza).



[Figura 8] Ciclo del agua 2008; (UGT Aragón)

En la siguiente tabla se muestran los distintos tanques de tormenta existentes en Zaragoza, que se han incluido en la etapa de saneamiento.

Tanques tormenta (etapa saneamiento)
Valdespartera-BB1-Lagos (incluye E.B.)
Valdespartera-BB4-Ferías
Valdespartera-pluviales unifamiliares
Valdespartera-Collector P1-Ofic. Tranvía (zona este)
Valdespartera-Emisario E1-rotonda Avda. Casablanca-N330
Rotonda MAZ (incluye caseta aspiración y arqueta depósito)
San Juan de La Peña (2)
Expo 2008 Interpeñas (pluviales, 3)
Expo 2008 Parque del Agua-Restaurantes (fecales)
Expo 2008 Torre del Agua (fecales)

Expo 2008 Anfiteatro (fecales, pozo kit, foto)
Expo 2008 Entrada Ranillas (fecales)
Garrapinillos (clapeta)

[Tabla 6] Tanques de tormenta de Zaragoza

4.1.7 BALSAS DE LAMINACIÓN

Las balsas de laminación se encuentran en la zona del Barranco de la Muerte con este conjunto de balsas se pretende amortiguar los efectos de las avenidas, generándose una balsa final con agua permanente que servirá como elemento estético y como aljibe de agua de riego para la zonas reforestadas. (Ciclo del agua 2008, Zaragoza)



[Figura 9] Esquema de ordenación de la zona (UGT Aragón)

El lago situado en la zona de Montecanal de gran funcionalidad estética cuenta además de gran importancia para el almacenamiento de aguas pluviales. El agua de lluvia es recogida mediante una red de saneamiento que va a parar al lago para después ser utilizada en el riego de los jardines. En las viviendas de la zona

existen dos bocas de agua, una para el consumo humano (agua de boca) y otra para el riego de los jardines.

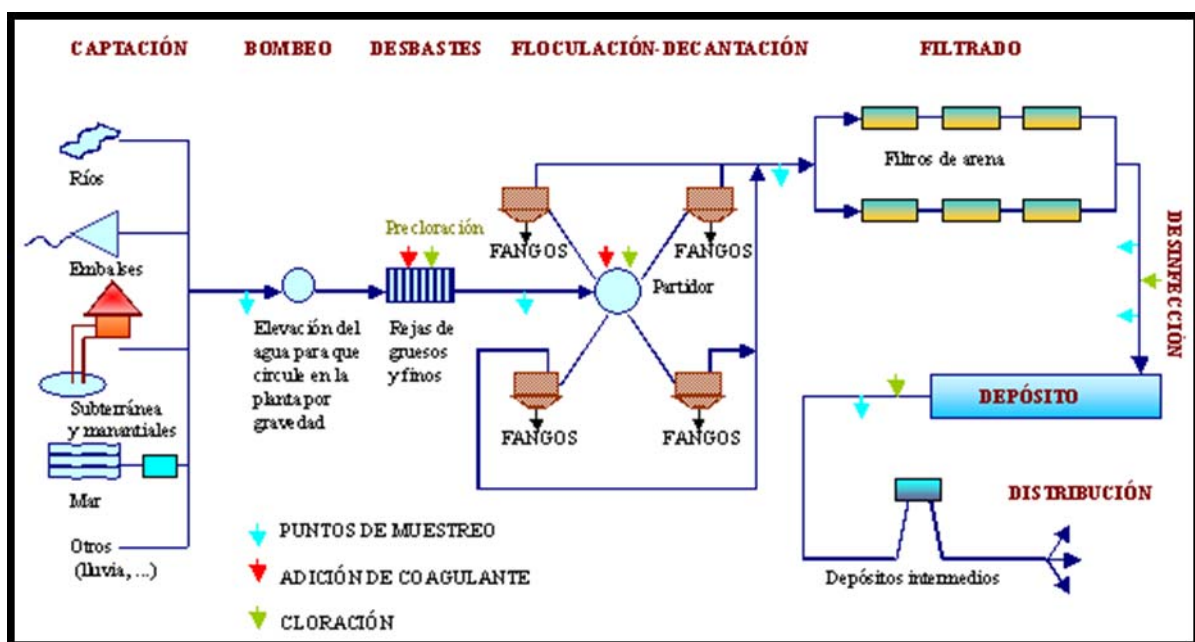
4.1.8 **DEPURACIÓN**

En Zaragoza existen dos instalaciones municipales de depuración, la de La Cartuja y la de La Almozara, que realizan prácticamente el total tratamiento de las aguas residuales que utiliza la red municipal con independencia de su origen doméstico o industrial. Sólo algunas urbanizaciones periféricas o industrias de cierta importancia tienen su propia red de saneamiento para su depuración. El 98% de la carga contaminante de las aguas residuales es tratada adecuadamente, sólo un 2% relacionado con los barrios rurales está en proceso, pendiente de solución (*Entralgo, J.R., 2010*). La planta de La Cartuja es la principal, y tiene una capacidad operativa de tratamiento de vertidos para una población aproximada de un 1.000.000 de habitantes equivalentes. En ambas plantas EDAR existen dos líneas de actuación, la línea de fangos y la línea de agua. La línea de fangos se encarga del tratamiento de los mismos para diferentes fines (construcción, agricultura, energía...). Los fangos pueden proceder tanto del tratamiento primario como del secundario. En La Cartuja a diferencia de en La Almozara, se realiza un tratamiento terciario final para la eliminación de fósforo mejorando así la calidad del vertido (*UGT-Aragón, 2008*), y los fangos son desecados y posteriormente incinerados. En La Almozara, los fangos generan biogás en un digestor anaerobio.

4.2 DESCRIPCIÓN DE LAS PLANTAS Y DATOS TÉCNICOS

4.2.1 PLANTA POTABILIZADORA DE CASABLANCA

La planta potabilizadora de Casablanca en Zaragoza, tiene una capacidad teórica de 520.000 m³ equivalentes a un servicio teórico para 1.7 millones de habitantes, aunque diariamente se suelen potabilizar alrededor de 213.550 m³. La superficie disponible entre las cubiertas de los depósitos y el de la planta es de 104.000 m² (Ayto. Zaragoza, 2009). El proceso de potabilización de la potabilizadora de Casablanca está constituido por diferentes fases, las cuáles se describen a continuación del esquema general de la planta.



[Figura 10] Esquema de proceso de potabilización ETAP Casablanca en Zaragoza. (Ayto. Zaragoza, 2005)

Desbaste: la línea de tratamiento de la potabilizadora empieza por el proceso de desbaste mediante una reja de eliminación de sólidos flotantes de unos

100 mm de paso entre barrotes para posteriormente ser sometido a dos rejillas auto-limpiantes posteriores de 20 mm de paso entre barrotes.

Precloración y coagulación: Cuando las condiciones de calidad lo demandan, se añade cloro en forma de hipoclorito sódico para oxidar la materia orgánica que está en el agua y disminuir su concentración (precloración). Se le añade sulfato de alúmina como agente coagulante de las materias en suspensión (coagulación).

Floculación y decantación: La floculación es un proceso químico mediante el cual, con la adición de sustancias denominadas floculantes, se aglutinan las sustancias coloidales presentes en el agua, facilitando de esta manera su decantación. La decantación es un proceso físico de separación por gravedad de las partículas en suspensión que transporta el agua, donde las partículas más densas sedimentan al fondo del decantador y las menos densas flotan y quedan en la superficie. Al final de estos procesos, se han eliminado virus, bacterias, el 99% de la materia en suspensión, 90% de turbiedad coloidal y el 60% de la materia orgánica. Estos procesos se ejecutan en los decantadores “Accelator” de recirculación de fangos. Como floculante se utiliza habitualmente polielectrolito aniónico dosificado en la entrada de los decantadores. Filtración sobre arena: Este proceso sirve para separar los sólidos en suspensión del agua, que quedan retenidos en la arena. En el proceso de filtración el agua se filtra a través de un lecho de arena silíceo de 60 cm de altura y granulometría de 0,7 mm. La superficie unitaria de cada lecho es de 96 m². La recogida del agua se realiza mediante toberas colectoras de 0,3 mm de paso de ranuras roscadas sobre un falso fondo. El lavado de los filtros se realiza inyectando agua y aire por el fondo a contracorriente. Actualmente se está introduciendo la filtración sobre carbón activo granular. Este proceso es más caro pero su rendimiento y eficacia es superior.

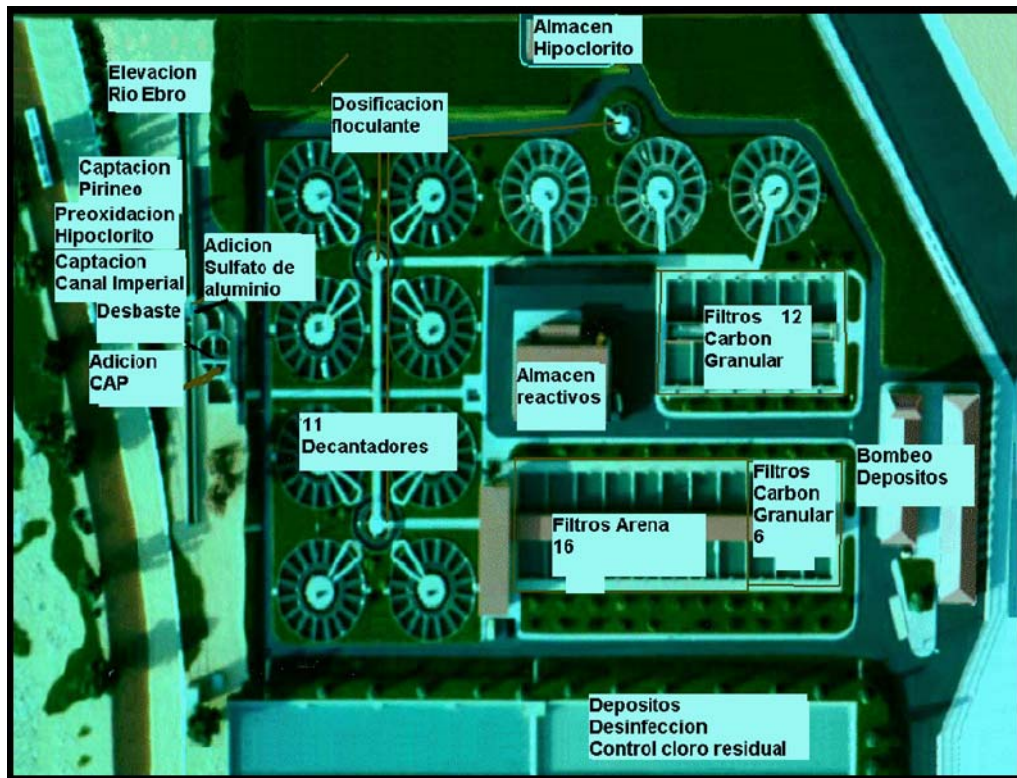
Filtración sobre arena: en este proceso el agua decantada pasa a través de un lecho de arena silíceo de 60 cm de altura y de 0,7 mm de granulometría,

para después filtrarse mediante 34 filtros en una superficie única de 96 m^2 . El agua filtrada es recogida mediante unas toberas colectoras. La filtración es constante mediante reguladores de nivel en lazo de control con el actuador de las válvulas de regulación de caudal a la salida de cada filtro.

Carbón activo: Se dosifica carbón activo en polvo para reducir la tasa de orgánicos disueltos y producir un agua de mejor calidad organoléptica (sabor y olor). Actualmente, se ha eliminado la adición inicial antes de la floculación al incluirse este compuesto en 22 de los 34 filtros de arena.

Bombeo a depósitos: aquí se produce el *bombeo* a los depósitos, los cuales tienen una capacidad de almacenamiento de 180.000 m^3 y cuya cota de altura es de 8.5 m superior a la cota a la que está el agua filtrada. Esta elevación se lleva a cabo mediante 6 grupos motobomba de 180 CV y a $1 \text{ m}^3/\text{s}$ y por 2 grupos de 100 CV a $0.5 \text{ m}^3/\text{s}$.

Desinfección final: en ella se produce la desinfección dosificando cloro gas de modo que exista siempre un contenido en cloro residual en el agua dentro del rango de 0.5 a 1.6 ppm. Esto se lleva a cabo en varios depósitos y estaciones elevadoras secundarias que refuerzan las concentraciones de cloro residual automáticamente con hipoclorito sódico y bombas dosificadoras cuando es necesario. De esta forma se garantiza la potabilidad del agua almacenada en los depósitos, así como también el agua que circula por la red municipal de distribución (*Ayto. Zaragoza, 2010*).

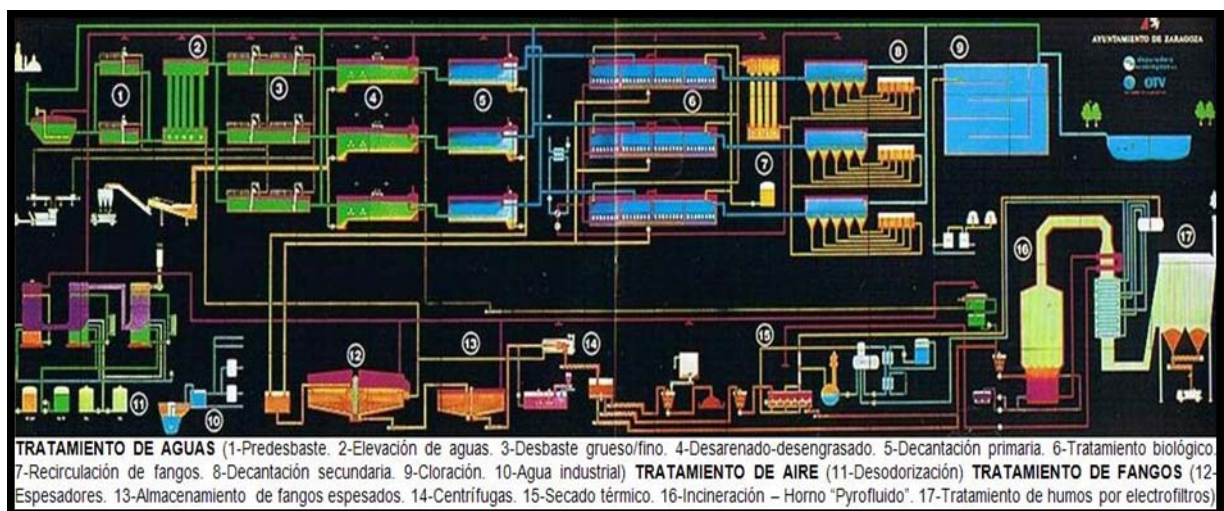


[Figura 11] Vista en planta de la potabilizadora de Casablanca en Zaragoza.
(Luzón Gil J., 2010)

4.2.2 PLANTA DEPURADORA DE LA CARTUJA

La planta de La Cartuja entró en funcionamiento en mayo de 1993, y supuso en su momento una importante innovación respecto a las que en aquel momento se construían o estaban en funcionamiento en el interior de edificios e instalaciones cerradas con lo que se evitan las molestias por ruidos y malos olores. Cuenta con un sistema de eliminación de sustancias malolientes y de aislamiento acústico para máquinas y elementos susceptibles de producir un ruido elevado. Por otra parte, dispone de un sistema de valorización energética para el tratamiento de los fangos que se producen en el proceso que permite reducir en gran medida el volumen de los residuos que se transportan al vertedero. (Ayuntamiento de Zaragoza 2008).

La estación de aguas residuales de La Cartuja, constituye la principal instalación de tratamiento, con una capacidad instalada para depurar los vertidos de una población de 1.2 millones de habitantes equivalentes. Tiene una capacidad teórica para depurar de 259.000 m³ al día, aunque el valor promedio tratado diariamente es de 156.250 m³/día. La totalidad de los procesos se lleva a cabo en tres módulos de la planta.



[Figura 12] Esquema de proceso de depuración de la EDAR La Cartuja en Zaragoza.
(Ayto. Zaragoza)

El edificio de aguas contiene la totalidad de los procesos de esta línea y tiene una forma prácticamente rectangular con unas medidas de 173x153 m, lo que equivale a una superficie aproximada de unos 26.500 m².

El espesamiento de fangos es llevado a cabo por cuatro tanques que actúan por gravedad, circulares, cubiertos y dotados de sistema de extracción de aire.

Y por último se encuentra el edificio de fangos que reúne prácticamente la totalidad de los procesos de la línea de fangos y que tiene una superficie de 60x50 m, es decir 3000 m² (Entralgo J.R., 1995). Por lo tanto la superficie total disponible en la planta en cubierta entre el edificio de aguas y el edificio de fangos es de 29.469 m².

El proceso de depuración de la EDAR de La Cartuja se describe a continuación del esquema general de la planta.

La línea de tratamiento de agua cuenta con los siguientes procesos:

Predesbaste: mediante un pozo de gruesos y dos rejillas de muy gruesos se consigue eliminar parte de los sólidos flotantes.

Elevación: se elevan las aguas mediante 5 grupos sumergidos de $1.5 \text{ m}^3/\text{s}$ de capacidad unitaria a una altura de 10 m.

Desbaste: se produce por mediación de 6 rejillas de gruesos y 6 rejillas de finos.

Desarenado-desengrasado: se lleva a cabo en 6 tanques rectangulares de 500 m^2 aireados por turbinas sumergidas.

Acondicionamiento: los residuos del pretratamiento se acondicionan.

Decantación primaria laminar: se lleva a cabo mediante el uso de 12 tanques de $24 \times 4.25 \text{ m}$ dotados de una única tolva y de un rascador de fondo.

Balsas biológicas: son 3 reactores biológicos de 9 m de profundidad y 21.600 m^3 de capacidad, con difusores de aire estáticos (helixores), con posibilidad de funcionamiento en flujo pistón y contacto-estabilización.

La línea de producción de biogás, sirve para abastecer en torno a un 15% de las necesidades energéticas de la estación depuradora.

Producción de aire de proceso: se logra mediante el uso de 4 turbocompresores de $32.500 \text{ m}^3/\text{h}$ operando a una presión de 1.1 bares.

Recirculación de fangos: se utilizan 4 bombas sumergidas con un caudal de $1.5 \text{ m}^3/\text{s}$ a 4 m de altura.

Eliminación de fósforo: se produce la eliminación del fósforo por adición de cloruro férrico en las balsas de aireación.

Desinfección: se desinfecta el efluente mediante cloro gas.

Instalación piloto: se lleva a cabo el tratamiento terciario mediante filtración biológica.

La línea de tratamiento de fangos está formada por los siguientes procesos:

Espesamiento: se produce el espesamiento por gravedad de fangos primarios y secundarios de forma independiente mediante 4 tanques circulares de 30 m de diámetro.

Deshidratación: se deshidratan los fangos mixtos mediante centrífugas de alta sequedad (>25% MS a 1.640 kg de MS/h de capacidad) con acondicionamiento con polímero (sólido más líquido).

Secado: se secan las partes del fango en 2 secadores a partir de vapor generado con los gases del horno.

Incineración: los fangos deshidratados son incinerados en un horno de lecho fluidificado de 6,7 m de diámetro, reduciendo hasta 12 veces su volumen.

Tratamiento de los humos: se produce un enfriamiento en el economizador (los humos van de 860 a 250°C) para precalentar el aire y generar vapor. Luego se eliminan partículas (cenizas) en 2 electrofiltros de alto rendimiento de 90.000 m³/h de capacidad. Y por último, se produce el tratamiento de humos mediante vía húmeda por mediación de 2 etapas de lavado con duchas a contracorriente: De esta forma eliminan SO₂, HF, HCl y metales pesados.

Almacenamiento de cenizas: se almacenan las cenizas en un silo para su posterior disposición en vertedero, es decir humectadas.

Sistema de estabilización de fangos: se usa para ello cal como reserva en los momentos de parada de un horno.

Aprovechamiento de energía: la energía generada en incineración se utiliza para precalentar el aire de fluidificación y también para generar vapor en el economizador. La producción de vapor genera vapor a 29 bares y a 230°C de

temperatura en la caldera. Produce agua desmineralizada mediante osmosis. Acondiciona el agua de la caldera y también es usado para el agua de refrigeración. El vapor generado se enfría en una turbina de doble cuerpo o con una turbina de parada mediante intercambiadores tubulares.

La línea de aire consta de los siguientes procesos:

Centrales de aire: se usan 7 centrales de aire con una capacidad de 300.000 m³/h de capacidad.

Sistema de desodorización: se produce por vía química en 3 líneas en paralelo de 60.000m³/h de capacidad con 3 etapas de lavado, ácida (NH₃) más básica más oxidación (H₂S). Se usa el agua ablandada para evitar incrustaciones en los rellenos de las torres.

Inyección de aire: el aire enfriado se inyecta al interior de la instalación.

(Entralgo J.R., 1995) (Palacios J., 2010).

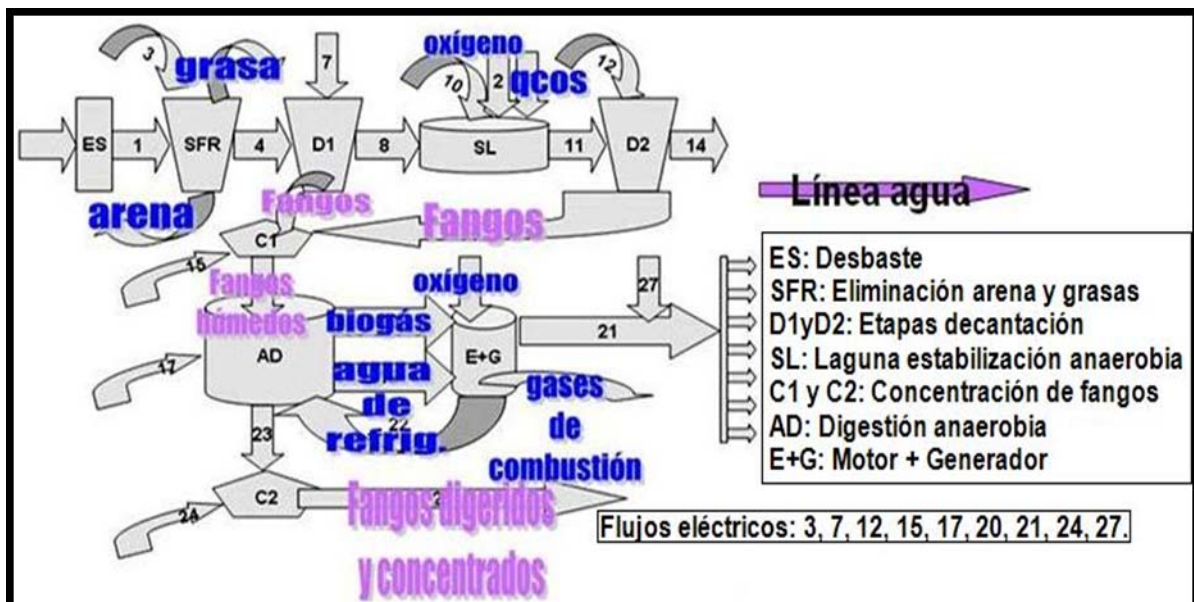


[Figura 13] Imagen aérea de la EDAR de La Cartuja.
(<http://hispagua.cedex.es>)

4.2.3 PLANTA DEPURADORA DE LA ALMOZARA

La estación de aguas residuales de La Almozara tiene capacidad instalada para depurar los vertidos de una población de 100.000 habitantes equivalentes. Tiene una capacidad teórica para depurar de 34.560 m³ al día, aunque el valor promedio tratado diariamente es de 32.760 m³/día (Ayto. Zaragoza, 2009).

Las líneas de agua y de fangos de la planta depuradora de La Almozara, son muy similares a las de la depuradora de La Cartuja, y constan de un sistema de pretratamiento, un tratamiento primario y un tratamiento biológico mediante fangos activados, pero a diferencia de la otra planta, la estabilización de la materia orgánica contenida en los fangos extraídos del agua en los procesos de decantación primaria y secundaria se realiza por digestión anaerobia, previo espesamiento por gravedad. Con posterioridad el fango digerido es deshidratado mediante filtros de banda y empleado como abono agrícola (Entralgo J.R., 2005).



[Figura 14] Esquema de proceso de depuración EDAR La Almozara en Zaragoza.
(Carrasquer, 2010)

La EDAR de La Almozara está dimensionada para tratar vertidos de unos 100000 habitantes y unas 100 hectáreas de zona industrial. Sirve para la depuración de los vertidos de los barrios de Miralbueno, Oliver, Valdefierro, Montecanal, parte de las Delicias y Universidad.

La ciudad de Zaragoza depura sus aguas además con la EDAR de La Cartuja, que es 10 veces más grande que la de La Almozara.

El funcionamiento de la Estación Depuradora de Aguas de La Almozara se compone de los siguientes procesos (*Ayuntamiento de Zaragoza, 2010*):

- Línea de tratamiento de agua, que depura las aguas para devolverlas al cauce natural en el mejor estado posible.
- Línea de tratamiento de fangos, que depura los fangos que surgen de la depuración de las aguas, y que los trata hasta su transporte para ser utilizados como abono agrícola.
- Línea de producción de biogás, que sirve para abastecer casi al 70% de las necesidades energéticas de la estación depuradora.

La línea de agua de la EDAR de La Almozara consta de un sistema de pretratamiento, un tratamiento primario y un tratamiento biológico mediante fangos activados. Los pasos que se siguen en este proceso son los siguientes:

Medida de caudal: Cuando las aguas entran, se procede a la medición del caudal. Esto tiene lugar en un primer pozo seco, que se encuentra al inicio de la EDAR, mediante un sistema de ultrasonidos.

Separación de sólidos gruesos: Las aguas pasan a un pozo de gruesos provisto de una doble reja extraíble. Los primeros, mas grandes, pasan a un contenedor de residuos (Una cuchara bivalva de hacinamiento electrohidráulico y actuada por un polipasto eléctrico permite la extracción de los sólidos retenidos).

Elevación de agua: La elevación se realiza mediante tres tornillos de Arquímedes con una capacidad unitaria de 400 l/s y accionados por motores de 44

kW. Cada tornillo dispone de una compuerta de accionamiento manual y batiente antirretorno. Se efectúa una elevación de 6,5 m.

Pretratamiento: A continuación se efectúan dos etapas:

- **Desbaste**: Los sólidos más grandes se eliminan filtrando el agua por rejillas de diferente tamaño. Las rejillas tienen 50 y 15 mm de luz y están provistas de un sistema de limpieza automática. La evacuación se realiza mediante cintas transportadoras que dirige los residuos a un compactador y posteriormente a un contenedor. El edificio está provisto de un sistema de filtros de carbón para eliminar los olores producidos.
- **Desarenado y desengrasado de las aguas**: Elimina gravas y arenas, así como grasas y espumas. Hay dos desarenadores-desengrasadores de flujo espiral de 144 m³ de volumen unitario, donde gracias al aire aportado a través de difusores porosos, por dos soplantes, flotan las grasas y otras materias orgánicas que son recogidas por rasquetas y enviadas a un separador y posteriormente a un depósito.

Decantación primaria: Es un proceso en el que los sólidos en suspensión se sedimentan por gravedad en dos decantadores primarios. Los tanques tienen un volumen unitario de 1800 m³. Cada uno dispone de un vertedero perimetral y de un puente radial de accionamiento periférico, que recoge y conduce los fangos sedimentados mediante un sistema de rasquetas hacia una arqueta donde se realiza la purga de los mismos.

Tratamiento biológico: El proceso se realiza con fangos activos en los que crecen microorganismos que se alimentan de esa materia orgánica. Se realiza en dos cubas de 4350 m³ totales con tres aireadores superficiales de 37 kW de potencia. Cada cuba está provista de un vertedero regulable que, a través del autómatas y de las señales de los cuatro sensores de oxígeno disuelto, regula el nivel del agua y de la aportación de oxígeno.

Recirculación de fangos: Se efectúa a través de un canal provisto de un sistema de aforo por vertedero Parshall y medidor de lámina de aguas por ultrasonidos. Los fangos son elevados 2,5 m mediante tres tornillos de 200 l/s de caudal unitario.

Decantación secundaria: Aquí el agua vuelve a pasar por un último proceso de sedimentación para eliminar los fangos generados en el tratamiento biológico, y dejar el agua lo más limpia posible. La decantación secundaria se realiza en dos cubas circulares de 2886 m³ de volumen unitario. Cada una dispone de un vertedero perimetral simple y de un puente radial de accionamiento periférico, que recoge los fangos sedimentados mediante un sistema de succión por sifón.

Desinfección: El agua ya ha sido depurada y puede ser desinfectada añadiéndole cloro. La desinfección se produce a partir de cloro gas en tres cloradores con una capacidad unitaria de 10 kg/h.

De la línea de depuración del agua, se ha obtenido agua limpia y unos fangos. Los fangos resultantes del proceso de depuración siguen el siguiente proceso:

Espesamiento: Se espesan los fangos por gravedad y se utiliza un sistema de eliminación de olores con carbón activo.

Bombeo y acondicionamiento del fango: Desde el espesador se envían los fangos al digestor primario mediante bombas de tornillo, acondicionándolos con cloruro férrico para evitar la presencia de sulfuro de hidrógeno en el biogás que se produce.

Tamizado de fangos: Los fangos se tamizan mediante dos rejillas circulares autolimpiantes para eliminar aquellos productos que favorecen la formación de costra en los digestores.

Digestión primaria: Los fangos se digieren en un proceso anaerobio en un digestor primario, calorifugado.

Digestión secundaria: el digestor secundario realiza una función mixta de apuramiento del proceso de digestión y de almacenamiento de fango para el proceso de secado.

Deshidratación: Los fangos se secan y una vez deshidratados se transportan por un sistema de cintas a un contenedor, para su posterior uso como abono agrícola.

Una parte de la materia orgánica que forma parte de los fangos obtenidos en el proceso de la depuración, se transforma en biogás con un contenedor de entre 65-70% de metano. En esta línea de producción de energía renovable, la EDAR de La Amozara dispone de estos elementos:

Almacenamiento de biogás: La depuradora cuenta con un gasómetro de doble esfera de material plástico con capacidad para el biogás de 8 h.

- Sistema de calorifugado del digestor de fangos: Permite reducir las necesidades de calor para mantener en su interior la temperatura óptima. Consta de dos calderas mixtas para gasóleo y gas, con una potencia unitaria de 150000 Kcal/h.
- Grupo motogenerador: Es un motor de combustión interna que utiliza como combustible el biogás para producir corriente alterna. Esta energía la utilizan los motores eléctricos de la instalación. Es un motor Caterpillar de 287 kW de potencia capaz de producir el 60% de las necesidades de la EDAR aproximadamente.
- Intercambiadores de calor: Para el aprovechamiento de la energía térmica disponible en el aceite y agua de refrigeración y en los humos de escape.
- Torre de refrigeración: Sirve para disipar el exceso de calor.
- Sistema de compresión: para que el biogás se introduzca en el motor a la presión requerida.
- Sistema de acoplamiento: entre la red eléctrica y el sistema de producción de energía.



[Figura 15] Imagen aérea de la EDAR La Almozara en Zaragoza.
(<http://hispagua.cedex.es>)

4.3 CONSUMO

Actualmente se viene produciendo un descenso en el volumen de agua captada desde el valor máximo alcanzado en 1979 de 106 hm³/año hasta el que existe en la actualidad de 64,1. Los factores que han influido en la disminución de este consumo han sido el volumen consumido en la potabilización, el aumento de los precios hasta niveles próximos al coste de prestación del servicio, la extensión de la facturación por medición del agua consumida a la práctica totalidad de los usuarios, el riego de las grandes zonas verdes de nueva creación mediante pozos, la eliminación de las cámaras de descarga para la limpieza del alcantarillado, las mejoras en la conservación de la red de distribución , etc.

Para la conservación del agua durante su consumo son necesarios programas de educación y de información ciudadana, políticas de estructura tarifaria, preparación de la legislación entorno a características de las instalaciones domiciliarias, a la obligatoriedad de instalar dispositivos de bajo consumo,

reglamentos para jardines, control estricto de las fuentes de contaminación y acondicionamiento de los efluentes y el reciclaje y reutilización de la aguas residuales.

La evolución tecnológica en varios campos se puede aprovechar también para la reducción del consumo de agua. Por ejemplo los dispositivos de bajo consumo que se pueden instalar, parques y jardines que requieren poco agua, uso de métodos mecánicos para lavar de calles, introducción de tecnologías industriales de bajo consumo.

4.3.1 PARQUES Y JARDINES

La creación y mantenimiento de parques, jardines y zonas verdes en el entorno urbano cumple un papel fundamental en la calidad de vida de los ciudadanos y la salud de estos y del medio ambiente. En primer lugar son puntos de oxigenación de la ciudad, tanto por el efecto beneficioso ante la contaminación atmosférica y la fijación de CO₂ frente al cambio climático, como por ser espacio de ocio y esparcimiento de los ciudadanos. Contribuyen a suavizar el clima local equilibrando las temperaturas gracias a la humedad del suelo y zonas de sombra, refrescando en verano y mitigando el frío del invierno.

Desde el punto de vista medioambiental además suponen una continuidad del medio natural frente a la ocupación del terreno por las infraestructuras urbanas, favoreciendo los ecosistemas, la biodiversidad y la recarga de acuíferos.

El privilegio de disfrutar de estos entornos, debe conjugarse con el ciclo urbano del agua puesto que supone un foco de consumo importante de recursos hídricos para el que caben alternativas de eficiencia, ahorro y reutilización, asociados a la mejora de parámetros ambientales y de gestión de aguas residuales.

4.4 APLICACIÓN DEL ACV AL CICLO DEL AGUA EN ZARAGOZA

4.4.1 DEFINICIÓN DE OBJETIVOS

Los principales objetivos planteados son los siguientes:

- Realizar el análisis del ACV del ciclo integral del agua en Zaragoza, tomando el m³ de agua tratada en cada etapa como unidad funcional, para comparar entre si las distintas etapas del mencionado ciclo.
- Llevar a cabo la comparación de forma global (inventario de materiales en la construcción más consumos en operación) y también de forma desagregada (impacto de las obras por un lado y consumos en la operación y gestión por otro).
- Identificar las fases con mayor impacto ambiental

4.4.2 ANÁLISIS DE INVENTARIO

El inventario de cada etapa del ciclo, imprescindible para la realización del ACV, se ha desarrollado dentro del área de Recursos Naturales de la Fundación CIRCE, de forma paralela a este PFC. Los datos han sido obtenidos de los distintos gestores y responsables gracias a la coordinación y contactos proporcionados por el Servicio de Ciclo Integral del Agua del Ayuntamiento de Zaragoza.

La inclusión de las numerosas bombas existentes en las distintas etapas suponía un problema importante, dado que no existían datos completos sobre los equipos, especialmente sobre los de menor potencia. Es por ello que como parte del presente PFC se obtuvieron a partir de datos de catálogo una serie de curvas en las que se relacionó la potencia y tipo de bomba con los materiales utilizados en su construcción. En aras de la claridad en la exposición de las fases de ACV realizado,

el procedimiento seguido y los resultados obtenidos se resumen en el apartado 4.5.1 y se complementan con la información del anexo A.

Los siguientes puntos de la metodología del ACV indicados de forma generalista en el capítulo 3.1, se desarrollan en los siguientes apartados donde se desarrolla el ACV del ciclo integral del agua en Zaragoza como caso de estudio y se presentan los resultados más relevantes que se han obtenido. En los anexos a este PFC pueden encontrarse resultados adicionales que por cuestión de espacio no se han incluido en la memoria.

4.4.3 EVALUACIÓN DE IMPACTOS

Tras analizar los distintos métodos de evaluación existentes y sus correspondientes categorías de impacto, (ver los más aplicados en estudios relacionados y previa discusión con algunos expertos en ACV), se optó por llevar a cabo el análisis con tres métodos: ReciPe, Eco-99 y IPCC. Finalmente se presentan de forma detallada los resultados obtenidos con ReciPe, por tratarse del método más completo. Igualmente se razonó qué categorías de impacto tenía más sentido considerar.

4.4.4 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Los valores obtenidos en las distintas categorías de impacto son comentadas y justificadas en el correspondiente apartado de resultados.

4.5 CARACTERIZACIÓN DE LAS BOMBAS Y TRAFOS DEL CICLO. OBTENCIÓN DE LAS CURVAS QUE RELACIONAN EL TIPO Y POTENCIA DEL ELEMENTO CON LOS MATERIALES UTILIZADOS EN SU CONSTRUCCIÓN

Tras el estudio del ICV se ha visto convenientemente realizar el dimensionado de los bombeos realizados en el ciclo del agua de Zaragoza. Para ello se ha recurrido a una estimación de los materiales utilizados en su construcción.

4.5.1 BOMBAS

Para realizar el dimensionado de las bombas se ajustaron los valores impuestos en el ICV a catálogos de bombas y trafos como: **Grundfos** (Bombas de gran caudal), **ABB** (Trafos de baja, media y alta tensión), **Bombas KBS** (Normalizadas), **Bombas RLDO**. **(ANEXO A)**

Para determinar la distribución de pesos de las distintas bombas se opera de la siguiente forma. De la *tabla A.7.1* del anexo A del Proyecto Fin de Carrera de *Rodríguez Martín (1999)* se puede determinar el porcentaje en peso de cada material que compone los motores eléctricos en función de la potencia del motor. De esta forma, conocida la potencia de nuestros motores (igual a la de las bombas que mueven) y el peso, se puede determinar la distribución en peso de cada uno de los materiales que los componen. Así por ejemplo, para el caso del modelo Enorm 50-160 de 15 cv, entramos en la tabla con la potencia de 11 kW (la equivalente a 15 CV) y con el peso de nuestro motor (128 kg) tendríamos los kg de peso de cada material que compone el motor. Para los casos en los que nuestra potencia no coincide con las de la tabla, se interpola. (BECOSA, 2007).

Modelo	Nº uds.	Bomba + Motor (kg)	Bomba (kg)	Motor (kg)	Bancada (kg)
Enorm 50-160 15cv	4	1,66E+02	3,80E+01	1,28E+02	4,81E+01
Enorm 50-250 40cv	4	3,21E+02	5,60E+01	2,65E+02	9,30E+01
Enorm 100-200 40cv	2	3,36E+02	7E+00	2,66E+02	9,74E+01
Enorm 80-160 30cv	4	2,43E+02	4,60E+01	1,97E+02	7,05E+01
EVMG 30-3F/5.5 7,5cv	2	1,13E+02	7,55E+01	3,70E+01	3,26E+01
CTVLX 55-4/366	2	5,10E+01	67% *	33% *	1,48E+01
Enorm 65-160 25cv	2	1,83E+02	4,10E+01	1,42E+02	5,30E+01
EVM 4-11/2.2 3cv	1	6,02E+01	2,45E+01	3,57E+01	1,75E+01
SG 6-42/3 7,5cv	2	7,50E+01	41% *	59% *	---- **

[Tabla 7] Datos de partida de las bombas

* Representan los porcentajes en peso que corresponden a la bomba y al motor por separado,

Proviene de modelos similares.

** Se trata de un modelo de bomba sumergible, por lo que no va montada sobre bancada.

Se procede a interpolar sobre esta gráfica los valores obtenidos en los catálogos mencionados anteriormente. Tras la interpolación se ha obtenido este gráfico:

Caudal (m³/s)	Altura (m)	Peso (Kg)	Potencia (C.V)	Pesos modificados	
0,002	80	26,6	2	60,2	Alfocea (pozo+sobrepresión)
0,002	80	26,6	3	60,2	Villarapa (pozo+sobrepresión, toma CIA)
0,052	100	84	87	698,17	Los Leones-Academia
0,026	35	120	15	130,37	Peñaflor (Las Flores, 226)
0,016	55	125	15	130,37	Garrapinillos (219)
0,027	45	148	20	183,82	Peñaflor (250)
0,04	30	148	20	183,82	Montañana (212)
0,04	30	152	20	183,82	Elevación Oliver
0,04	30	233	41	386,83	Elevación Oliver
0,03	60	239	30	293,62	Villamayor (209)
0,15	30	386	75	611,87	Casablanca-Valdefierro (fuera de uso)
0,2	2,5	470	17,75	470	Tornillos recirculación fangos Almozara
0,17	30	630	85	630	Las Canteras impulsión (sobrepresión)
0,6	6,5	1285	36	1285	Elevación de aguas Almozara
0,7	5,5	1290	87,5	1290	Bombas elevación aguas MI del Ebro La Cartuja
0,5	10	1640	100	1640	Casablanca-ETAP (nueva)
0,27	40	2600	180	2600	Valdespartera actual
0,27	40	2600,5	270	2600,5	Valdespartera actual
1,5	4	2800	180	2800	Bombeo recirculación de fangos La cartuja
0,861	30	3225	430	3225	Bombeo parque (Canteras gravedad)
0,406	40	3350	270	3350	Casablanca-Valdespartera futura (en ejecución)
0,901	10	3550	150	3550	Casablanca-ETAP vieja (fuera de uso)
1	10	3550	180	3550	Casablanca-ETAP (nueva)
1,5	10	5400	375	5400	Elevación de aguas La Cartuja
0,78	50	5750	910	5750	Ebro-Casablanca (etapa captación)
1,04	59	6000	1495	6000	Bombeo la Loteta-Fuempudia

[Tabla 8] Tabla de pesos de bombeos de abasto

Una vez realizada la tabla se subdivide en dos: Bombes de gran caudal y bombes de distribución. El objetivo es obtener un gráfico que relacione potencia y peso, para así poder estimar valores de otras bombas que se puedan introducir en el ICV. Aprovechando así dos gamas diferentes.

4.5.1.1 BOMBES DE GRAN CAUDAL

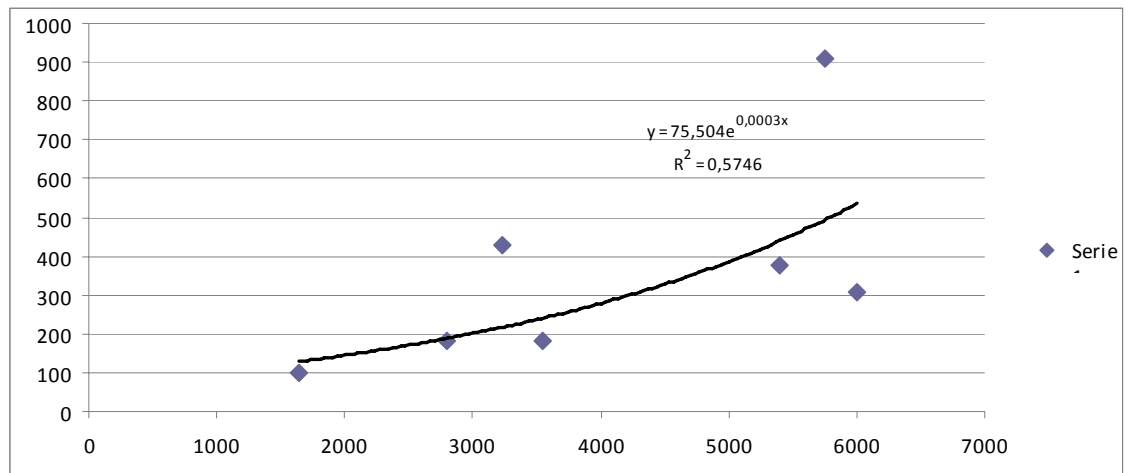
Son bombes que suelen darse en las estaciones depuradoras y potabilizadoras.

Bombes de gran caudal			
Caudal (m ³ /s)	Altura (m)	Peso (Kg)	Potencia (C.V)
0,5	10	1640	100
1,5	4	2800	180
0,861	30	3225	430
1	10	3550	180
1,5	10	5400	375
0,78	50	5750	910
1,04	59	6000	308,68

[Tabla 9] Bombes de gran caudal

Curva de potencia

Con esta curva se pueden estimar peso y potencia de cualquier bomba similar a estas características.



[Figura 16] Curva de potencia de bombes de gran caudal

4.5.1.2 BOMBEOS DE DISTRIBUCIÓN

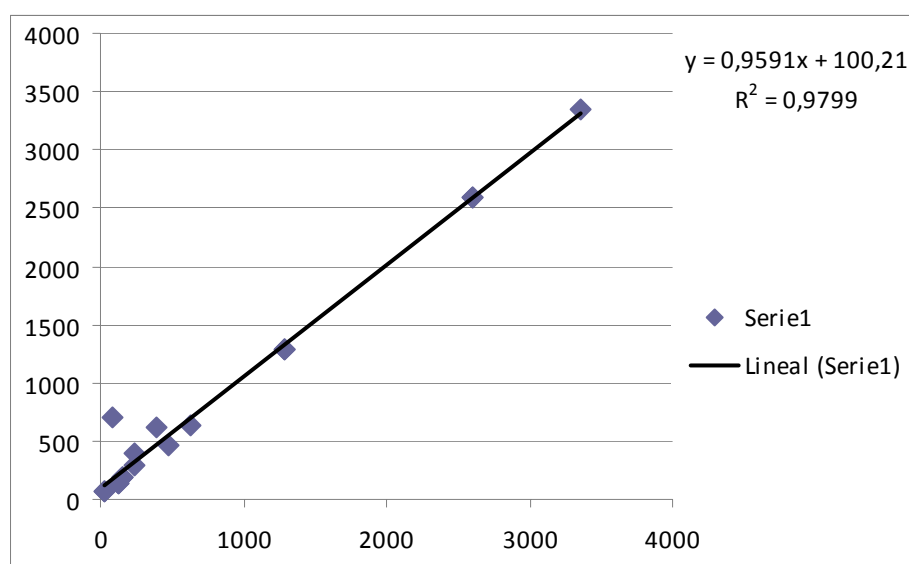
Bombes distribución			
Caudal (m³/s)	Altura (m)	Peso (Kg)	Potencia (C.V)
0,002	80	26,6	60,2
0,002	80	26,6	60,2
0,052	100	84	698,17
0,026	35	120	130,37
0,016	55	125	130,37
0,027	45	148	183,82
0,04	30	148	183,82
0,04	30	152	183,82
0,04	30	233	386,83
0,03	60	239	293,62
0,15	30	386	611,87
0,2	2,5	470	470
0,17	30	630	630

0,6	6,5	1285	1285
0,7	5,5	1290	1290
0,27	40	2600	2600
0,27	40	2600,5	2600,5
0,406	40	3350	3350

[Tabla 10] Bombeos en la red de distribución

Curva de potencia

Esta curva es más fiable que la anterior puesto que se ha realizado con mas datos.



[Figura 17] Curva de potencia de los bombeos de distribución

4.5.1.3 ESTIMACIÓN DE PESOS DE LOS MATERIALES PARA BOMBAS

Según el fabricante, todas las bombas están fabricadas en fundición. Se supone que las bancadas metálicas son de acero. En la tabla siguiente, tabla

A1.12 se muestran los pesos y materiales que forman las bombas, incluyéndose también los motores eléctricos que las mueven.

Material	kg Finales
Acero	1,57E+03
Cobre	4,78E+02
Hierro	1,25E+03
Silicio	3,88E+01
Fundición	2,40E+03
Aluminio	1,49E+01

[Tabla 11] Peso final de los materiales de las bombas

Tras el estudio realizado, se procede a sumar todos los pesos de las bombas, motores y bancadas. Después, relacionando la tabla A1.11 y la tabla A1.12 se obtiene el % de material estimado para la fabricación de las bombas. (BECOSA, 2007)

ESTIMACIONES DE LOS MATERIALES	
Material	% Peso
Acero	27,30%
Cobre	8,30%
Hierro	21,70%
Silicio	0,67%
Fundición	41,70%

Aluminio	0,26%
-----------------	-------

[Tabla 12] Inventario bombas (2)

<i>Pesos (Kg)</i>	<i>C.V (Potencia)</i>	<i>Pesos Modificados (Bomba + Motor)</i>	<i>Bancada (Kg)</i>	<i>Caudal (m³/s)</i>	<i>Unidades</i>	<i>Peso total</i>	<i>Peso total (sin bancada)</i>
26,6	2	60,2	17,44	0,002	4	310,56	240,8
26,6	3	60,2	17,44	0,002	4	310,56	240,8
84	87	698,17	202,25	0,052	4	3601,68	2792,68
120	15	130,37	37,7	0,026	4	672,28	521,48
125	15	130,37	37,7	0,016	3	504,21	391,11
148	20	183,82	53,26	0,027	2	474,16	367,64
148	20	183,82	53,26	0,04	3	711,24	551,46
152	20	183,82	53,26	0,04	2	474,16	367,64
233	41	386,83	112,1	0,04	2	997,86	773,66
239	30	293,62	85,1	0,03	3	1136,16	880,86
386	75	611,87	177,3	0,15	2	1578,34	1223,74
470	17,75	470	136,2	0,2	3	1818,6	1410
630	85	630	182,3	0,17	2	1624,6	1260
1285	36	1285	372,34	0,6	3	4972,02	3855
1290	87,5	1290	373,8	0,7	4	6655,2	5160
1640	100	1640	475,2	0,5	2	4230,4	3280
2600	180	2600	330	0,27	2	5860	5200
2600,5	270	2600,5	330	0,27	3	8791,5	7801,5
2800	180	2800	811,32	1,5	4	14445,28	11200
3225	430	3225	900	0,861	3	12375	9675
3350	270	3350	330	0,406	5	18400	16750
3550	150	3550	1200	0,901	4	19000	14200
3550	180	3550	1200	1	6	28500	21300
5400	375	5400	1564,7	1,5	5	34823,5	27000

5750	910	5750	900	0,78	6	39900	34500
6000	308,68	6000	273	1,04	4	25092	24000
						237259,31	194943,37

[Tabla 13] Datos sobre pesos

Peso (Kg)	Potencia C.V	Peso bomba	Cobre (Tn)	Hierro (Tn)	Silicio (Tn)	Aluminio (Tn)	Acero (Tn)	
310,6	2	0,13	0,026	0,067	0,002	0,001	0,085	Alfocea (pozo+sobrepresión)
310,6	3	0,13	0,026	0,067	0,002	0,001	0,085	Villarapa (pozo+sobrepresión, toma
3601,7	87	1,50	0,299	0,782	0,024	0,009	0,983	Los Leones-Academia
672,3	15	0,28	0,056	0,146	0,005	0,002	0,184	Peñaflor (Las Flores, 226)
504,2	15	0,21	0,042	0,109	0,003	0,001	0,138	Garrapinillos (219)
474,2	20	0,20	0,039	0,103	0,003	0,001	0,129	Peñaflor (250)
711,2	20	0,30	0,059	0,154	0,005	0,002	0,194	Montañana (212)
474,2	20	0,20	0,039	0,103	0,003	0,001	0,129	Elevación Oliver
997,9	41	0,42	0,083	0,217	0,007	0,003	0,272	Elevación Oliver
1136,2	30	0,47	0,094	0,247	0,008	0,003	0,310	Villamayor (209)
1578,3	75	0,66	0,131	0,342	0,011	0,004	0,431	Casablanca-Valdefierro (fuera de
1818,6	18	0,76	0,151	0,395	0,012	0,005	0,496	Tornillos recirculación fangos
1624,6	85	0,68	0,135	0,353	0,011	0,004	0,444	Las Canteras impulsión
4972,0	36	2,07	0,413	1,079	0,033	0,013	1,357	Elevación de aguas Almozara
6655,2	88	2,78	0,552	1,444	0,045	0,017	1,817	Bombas elevación aguas MI del
4230,4	100	1,76	0,351	0,918	0,028	0,011	1,155	Casablanca-ETAP (nueva)
5860,0	180	2,44	0,486	1,272	0,039	0,015	1,600	Valdespartera actual
8791,5	270	3,67	0,730	1,908	0,059	0,023	2,400	Valdespartera actual
14445,3	180	6,02	1,199	3,135	0,097	0,038	3,944	Bombeo recirculación de fangos La
12375,0	430	5,16	1,027	2,685	0,083	0,032	3,378	Bombeo parque (Canteras

18400,0	270	7,67	1,527	3,993	0,123	0,048	5,023	Casablanca-Valdespartera futura
19000,0	150	7,92	1,577	4,123	0,127	0,049	5,187	Casablanca-ETAP vieja (fuera de
28500,0	180	11,88	2,366	6,185	0,191	0,074	7,781	Casablanca-ETAP (nueva)
34823,5	375	14,52	2,890	7,557	0,233	0,091	9,507	Elevación de aguas La Cartuja
39900,0	910	16,64	3,312	8,658	0,267	0,104	10,893	Ebro-Casablanca (etapa captación)
6,4		2,67	0,531	1,388	0,043	0,017	1,746	Motogenerador Caterpillar
25092,0	1495	10,46	2,083	5,445	0,168	0,065	6,850	Bombeo la Loteta-Fuempudia
	102	101,60	20,22	52,873	1,632	0,634	66,518	243,4847513

[Tabla 14] Datos sobre los materiales

4.5.2 TRAFOS

Para determinar el peso de los distintos materiales que componen toda la instalación de alta y media tensión se recurre a la *Tesis Doctoral de Adolfo González (2000)*. En ella, el autor estima el peso de los distintos materiales que componen la instalación de alta-media tensión, y los transformadores de potencia y reducción, a partir de la metodología del ETH (Instituto Tecnológico Federal de Zurich) donde se desarrolla un inventario de ciclo de vida de sistemas de energía.

Según esta metodología, se parte del presupuesto de toda la instalación, considerándose que el 30% de ese presupuesto se debe a los materiales, y el resto al montaje. Seguidamente se establece una relación entre presupuesto de materiales de una instalación eléctrica y su peso. Finalmente, este peso se distribuye entre los distintos materiales siguiendo el criterio de la tabla A1.3. Donde además, aparece el peso final de los materiales de nuestra instalación. Los cálculos realizados para llegar a esos valores de la tabla son los siguientes:

$$0,30 \times 178817,74 \text{ €} \approx 53645,32 \text{ €}$$

$$53645,32 \text{ €} / 63,11 \text{ €/kg} \approx 850 \text{ kg}$$

(ec. A1.1)

Para determinar el peso y distribución de materiales se utiliza el mismo método. (BECOSA, 2007)

**Instalación eléctrica de AT y
MT**

Material	% Peso
Cobre	5,76
Estaño	0,88
Hierro	46,55
Plomo	0,41
Niquel	0,18
Zinc	0,14
Aluminio	0,08
Platino	0,001
Polietileno	42
PVC	4

[Tabla 15] Datos inventario trafos

- El trafo dimensionado para la **potabilizadora de Casablanca** se ha obtenido de un catálogo de la empresa ALKARGO. Sus características son:

Tensión = 52 Kv

Potencia = 8 MVA

Peso en aceite = 2750 Kg

Peso a desencubar = 8300 Kg

Peso total = 14800 Kg

Material	Peso(Ton)
Cobre	0,85248
Estaño	0,13024
Hierro	6,8894
Plomo	0,06068
Níquel	0,02664
Zinc	0,02072
Aluminio	0,01184
Platino	0,0148
Polietileno	6,216
PVC	0,592

[Tabla 16] Datos sobre pesos de los trafos

- El trafa dimensionado para la depuradora de La Almozara se ha obtenido de un catálogo de la empresa ALKARGO. Sus características técnicas son:

Tensión ≤ 24 Kv

Potencia = 800 KVA

Peso del líquido aislante = 460 Kg

Peso total = 2240 Kg

Esta tabla representa el % de peso distribuido en una instalación de baja tensión:

Material	% Peso
Cobre	20,69
Fundición	51,72
Acero	27,59

[Tabla 17] Datos sobre pesos (2)

Material	Peso (Ton)
Cobre	0,463456
Fundición	1,158528
Acero	0,618016

[Tabla 18] Materiales del trafo de La Almozara

- La Almozara tiene una subestación transformadora de estas características:

Potencia = 200 KVA

Peso del líquido aislante = 115 Kg

Peso total = 560 Kg

Material	Peso (Ton)
Cobre	0,115864
Fundición	0,289632
Acero	0,154504

[Tabla 19] Datos materiales

4.5.3 TANQUES DE TORMENTA

Para el dimensionado de las bombas de los tanques de tormenta se ha recurrido a las tablas y gráficos de las bombas de distribución, ya que se trata de bombas de pequeña potencia.

En esta tabla se adjuntan todas las bombas con sus respectivos tanques:

Tanques tormenta (etapa saneamiento)	<i>Bombas fecales</i>	<i>Pot (Kw)</i>	<i>Bombas achique</i>	<i>Pot (Kw)</i>	<i>B.F. (2)</i>	<i>Pot (kW)</i>
Valdespartera-BB1-Lagos (incluye E.B.)	2	3	2	1,7		
Valdespartera-BB4-Ferías	2	3				
Valdespartera-pluviales unifamiliares	3	46,2	1	1,4		
Valdespartera-Colector P1-Ofic. Tranvia (zona este)	2	2,8				
Valdespartera-Emisario E1-rotonda Avda. Casablanca-	2	6,2				
Rotonda MAZ (incluye caseta aspiración y arqueta)	3	18	2	1	2	22
San Juan de La Peña (2)	3	22	2	2,2	2	0,75
Expo 2008 Interpeñas (pluviales, 3)	1	5				
Expo 2008 Parque del Agua-Restaurantes (fecales)	3	7,5				
Expo 2008 Torre del Agua (fecales)	2	2,1				
Expo 2008 Anfiteatro (fecales, pozo kit, foto)	2	2				

Expo 2008 Entrada Ranillas (fecales)	2	2				
Garrapinillos (clapeta)						

[Tabla 20] Tanques de tormenta

Con el mismo procedimiento aplicado anteriormente en el dimensionado de bombas se realiza este apartado:

Bombas fecales							
Tanques tormenta (etapa saneamiento)	Peso (Ton)	Peso bomba (Fundición)	Cobre	Hierro	Silicio	Aluminio	Acero
Valdespartera-BB1-Lagos	0,12	0,050	0,010	0,026	0,001	0,0003	0,033
Valdespartera-BB4-Ferías	0,12	0,050	0,010	0,026	0,001	0,0003	0,033
Valdespartera-pluviales	1,16	0,484	0,096	0,252	0,008	0,003	0,317
Valdespartera-Collector P1-Ofic.	0,12	0,050	0,010	0,026	0,001	0,000	0,033
Valdespartera-Emisario E1-	0,12	0,050	0,010	0,026	0,001	0,000	0,033
Rotonda MAZ (incluye caseta)	0,39	0,163	0,032	0,085	0,003	0,001	0,107
San Juan de La Peña (2)	0,39	0,163	0,032	0,085	0,003	0,001	0,107
Expo 2008 Interpeñas (pluviales,	0,06	0,025	0,005	0,013	0,000	0,000	0,016
Expo 2008 Parque del Agua-	0,18	0,075	0,015	0,039	0,001	0,000	0,049
Expo 2008 Torre del Agua	0,12	0,050	0,010	0,026	0,001	0,000	0,033
Expo 2008 Anfiteatro (fecales,	0,12	0,050	0,010	0,026	0,001	0,000	0,033
Expo 2008 Entrada Ranillas	0,12	0,050	0,010	0,026	0,001	0,000	0,033

[Tabla 21] Información bombas fecales

Bombas achique							
Tanques tormenta (etapa saneamiento)	Peso (Ton)	Peso bomba (Fundición)	Cobre	Hierro	Silicio	Aluminio	Acero
Valdespartera-BB1-Lagos (incluye E.B.)	0,12	0,050206	0,0099	0,02612	0,00080	0,000313	0,0328
Valdespartera-pluviales unifamiliares	0,06	0,025103	0,0049	0,01306	0,00040	0,000156	0,0164
Rotonda MAZ (incluye caseta aspiración y	0,12	0,050206	0,0099	0,02612	0,00080	0,000313	0,0328
San Juan de La Peña (2)	0,12	0,050206	0,0099	0,02612	0,00080	0,000313	0,0328

[Tabla 22] Información bombas de achique

B.F (2)							
Tanques tormenta (etapa saneamiento)	Peso (Ton)	Peso bomba (Fundición)	Cobre	Hierro	Silicio	Aluminio	Acero
Rotonda MAZ (incluye caseta aspiración y arqueta depósito)	0,261	0,109	0,022	0,057	0,002	0,001	0,071
San Juan de La Peña (2)	0,120	0,050	0,010	0,026	0,001	0,000	0,033

[Tabla 23] Información bombas fecales (2)

4.6 RESULTADOS, ANÁLISIS Y REVISIÓN CRÍTICA

Para el cálculo de resultados se ha utilizado el método ReCiPe MidPoint (E), ya que es el método más actual y por consiguiente el más actualizado en referencia con los factores de impacto, así pues su incertidumbre será menor. En estos resultados se muestran los valores obtenidos tras analizar un m³ de agua por cada etapa. Los resultados calculados serán siempre a **corto plazo**, ya que a largo plazo demuestran una gran incertidumbre en sus resultados.

Los resultados obtenidos han sido factorizados mediante la caracterización.

CARACTERIZACIÓN

Implica la aplicación de modelos para obtener un indicador ambiental en cada categoría de impacto, unificando a una única unidad de referencia todas las sustancias clasificadas dentro de cada categoría mediante el empleo de factores de peso o equivalencia.

La explicación de los resultados se dividirá en dos apartados:

1. Daños a nivel general (ReCiPe MidPoint (E))
 - Comparativa etapas
 - Comparativa subetapas (Captación y depuración)

2. Daños de salud humana (Eco-Indicador 99")

Los resultados analizados se han englobado en 3 categorías:

- Comparativa global (Incluye obra civil y explotación energética)
- Obra civil
- Explotación energética

En primer lugar se ofrece un gráfico en el cual se puede observar como se ha desarrollado el ciclo mediante el SimaPro. Aquí se puede ver la distribución de cada proceso y como se va agregando al ciclo. Es necesario recordar que la aplicación SimaPro utiliza criterios de corte en función de la peso total de cada impacto en el total (los > al 1%), porque de otro modo el número etiquetas del árbol generado sería ilegible en este ACV que contiene todo del ciclo integral del agua.

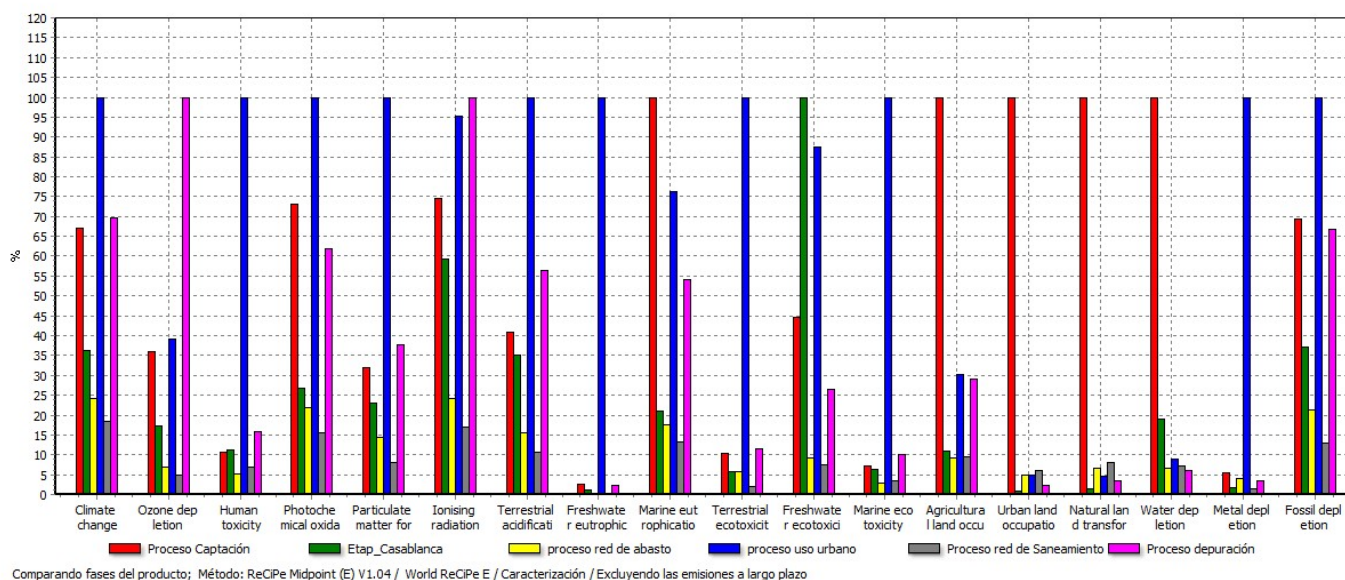


4.6.1 DAÑOS A NIVEL GENERAL

Como se ha indicado, el primer análisis se realiza a nivel general, incluyendo todas las categorías del ACV realizado con el método ReCiPe y explicando con detalle aquéllas que se han considerado más determinantes en el caso de estudio que nos ocupa.

4.6.1.1 COMPARATIVA ETAPAS (Método ReCiPe Midpoint E)

4.6.1.1.1 COMPARATIVA GLOBAL (CORTO PLAZO)



[Figura 19] Comparativa global

Categoría de impacto	Unidad	Proceso Captación	Etap Casablanca	proceso red de abasto	proceso uso urbano	Proceso red de Saneamiento	Proceso depuración
<i>Climate change</i>	kg CO ₂ eq	0,417607686	0,226199339	0,149703451	0,622150444	0,114387683	0,433862281
<i>Ozone depletion</i>	kg CFC-11 eq	4,28841E-08	2,07677E-08	8,29679E-09	4,67471E-08	5,93185E-09	1,19424E-07
<i>Human toxicity</i>	kg 1,4-DB eq	0,569930984	0,600448749	0,275744365	5,336232977	0,375018059	0,849776627
<i>Photochemical oxidant formation</i>	kg NMVOC	0,001960996	0,000715492	0,000583509	0,002683697	0,000414457	0,001662676
<i>Particulate matter formation</i>	kg PM10 eq	0,000847718	0,000609151	0,000384486	0,002661803	0,00021559	0,001006166
<i>Ionising radiation</i>	kg U ²³⁵ eq	0,062343756	0,049608793	0,020118163	0,079808874	0,014149595	0,083682622
<i>Terrestrial acidification</i>	kg SO ₂ eq	0,002530347	0,002176605	0,00095742	0,006207169	0,000659102	0,003494563
<i>Freshwater eutrophication</i>	kg P eq	1,03977E-05	4,73668E-06	8,9593E-07	0,000397847	9,76132E-07	9,45851E-06
<i>Marine eutrophication</i>	kg N eq	0,000996602	0,000208908	0,000176349	0,000759927	0,000132286	0,000538336
<i>Terrestrial ecotoxicity</i>	kg 1,4-DB eq	0,000315714	0,000179859	0,000176506	0,003077848	6,44815E-05	0,00035058
<i>Freshwater ecotoxicity</i>	kg 1,4-DB eq	0,000233593	0,000522451	4,84732E-05	0,000456702	3,8791E-05	0,000137753
<i>Marine ecotoxicity</i>	kg 1,4-DB eq	0,229059538	0,204147232	0,088711267	3,236811603	0,107797383	0,329846731

<i>Agricultural land occupation</i>	m ² a	0,044250819	0,004890936	0,004128705	0,01338988	0,004229894	0,012872605
<i>Urban land occupation</i>	m ² a	0,141825632	0,00130995	0,007012653	0,007007309	0,008726444	0,003355263
<i>Natural land transformation</i>	m ²	0,002727741	3,68462E-05	0,000182128	0,000126389	0,000218643	9,43919E-05
<i>Water depletion</i>	m ³	0,066765751	0,012652947	0,004365127	0,005921474	0,004885514	0,003942779
<i>Metal depletion</i>	kg Fe eq	0,043787847	0,01462786	0,033317617	0,803410231	0,011007601	0,028288161
<i>Fossil depletion</i>	kg oil eq	0,143880387	0,076959042	0,044429158	0,207631658	0,027120314	0,138531116

[Tabla 24] Tabla caracterización comparativa global etapas

Comparativa general de las etapas:

Esta comparativa agrupa todo el ciclo de vida desarrollado. Muestra en % y valor, las categorías de impacto que intervienen con este método. Las más reseñables son:

1. Cambio climático
2. Ocupación de tierras agrícolas
3. Toxicidad humana
4. Agotamiento fósil
5. Ocupación del suelo urbano

Para el ciclo de vida integral del agua en Zaragoza, se ha visto convenientemente centrarse en estas categorías de impacto, ya que el agua es un bien que se consume a diario y afectaría directamente.

Cambio climático: Es una categoría a tener en cuenta, ya que se valora a nivel europeo y mundial y siempre hay que tener una referencia de este parámetro. Un

ejemplo claro de ello, es que todos los métodos de análisis lo incluyen. Su unidad es el Kg de CO₂ eq. En los resultados obtenidos el que mayor impacto tiene es el **proceso de uso urbano** ya que en su obra civil incluye materiales con elevado factor contaminante (como el cobre) y su proceso energético incluye una alta cantidad de minerales fósiles.

Ocupación de tierras agrícolas: Se ha tenido en cuenta utilizar esta categoría ya que el cultivo agrícola es importante, tanto así como la construcción de embalses para el riego de sus campos. Su unidad es el m²a. En la gráfica se aprecia que el resultado mayoritario es el **proceso de captación**; eso es debido a que en la obra civil de la captación incluye grandes movimientos de material y de terreno (Captación de Yesa).

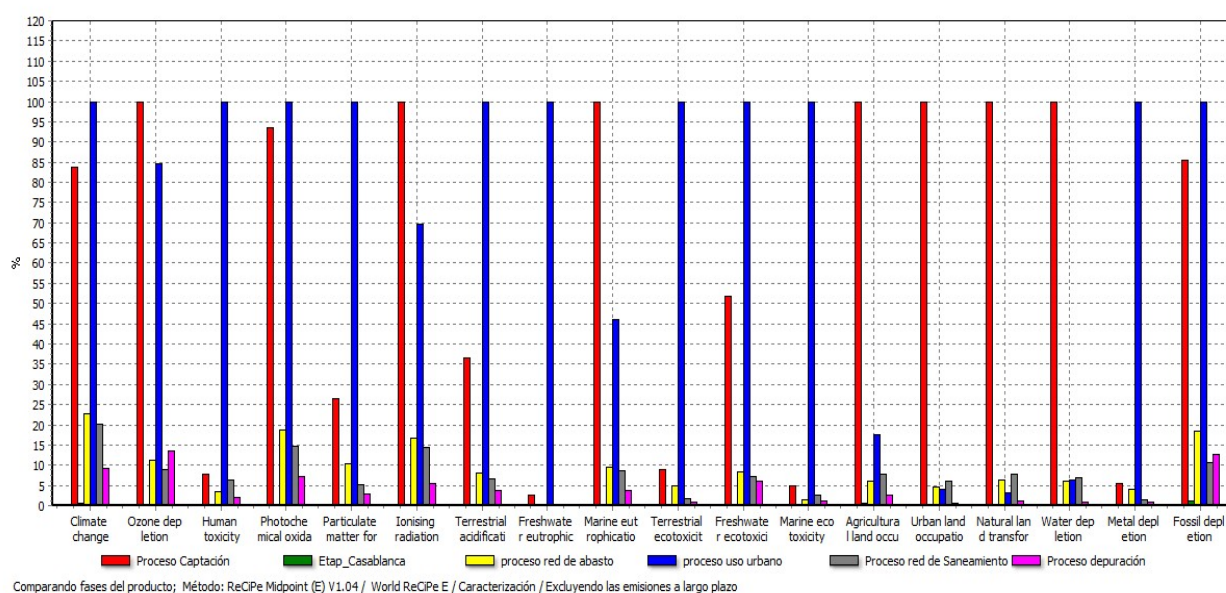
Toxicidad humana: Desde el punto de vista más objetivo es la categoría de impacto más relevante ya que el uso del agua está relacionado directamente con la salud humana. El impacto medido por este indicador se cuantifica en Kg 1,4-DB eq. El resultado del análisis nos indica que el punto con más toxicidad es el del proceso de uso urbano, es debido al alto porcentaje de cobre y diversos materiales que lo componen aumentan el nivel de toxicidad producido.

Agotamiento fósil: Esta categoría, al igual que el cambio climático, se valora a nivel mundial, ya que el agotamiento de los minerales fósiles es importante a la hora de producir energía. Por lo tanto es un parámetro que hay que analizar. Su unidad es kg oil equivalente. El proceso más importante referente de esta categoría es el uso urbano, ya que aunque no sea más que el consumo eléctrico, es el único que se nutre de un proceso con gas natural y por lo tanto influye directamente en esta categoría.

Ocupación del terreno urbano: En consonancia con el agotamiento del agua, esta categoría también es relevante ya que la ocupación del terreno es un bien que hay

que respetar, puesto que la biodiversidad del entorno depende de ello. Su unidad es m_2a . En esta categoría influye totalitariamente la obra civil de nuestro ciclo. Así pues, el más reseñable en esta categoría volverían a ser los procesos de captación puesto que son las etapas con mayor obra civil.

4.6.1.1.2 COMPARATIVA OBRA CIVIL (CORTO PLAZO)



[Figura 20] Comparativa entre etapas, obra civil

Categoría de impacto	Unidad	Proceso Captación	Etap_Casablanca	proceso red de abasto	proceso uso urbano	Proceso red de Saneamiento	Proceso depuración
Climate change	kg CO ₂ eq	0,28783	0,00215225	0,077855	0,343191	0,0689544	0,0316684
Ozone depletion	kg CFC-11 eq	3,41E-08	8,8171E-11	3,8E-09	2,95E-08	3,130E-09	4,764E-09
Human toxicity	kg 1,4-DB eq	0,377961	0,00327988	0,169459	4,923587	0,3078084	0,1020427

Photochemical oxidant formation	kg NMVOC	0,001416	6,2388E-06	0,000282	0,001513	0,0002238	0,0001100
Particulate matter formation	kg PM10 eq	0,000515	3,8418E-06	0,0002	0,001948	9,934E-05	5,334E-05
Ionising radiation	kg U235 eq	0,037287	0,00010711	0,006245	0,025949	0,0053772	0,0020238
Terrestrial acidification	kg SO ₂ eq	0,001332	6,7037E-06	0,000294	0,003632	0,0002398	0,0001369
Freshwater eutrophication	kg P eq	1,01E-05	1,0497E-07	7,77E-07	0,000397	9,011E-07	9,625E-07
Marine eutrophication	kg N eq	0,000818	1,9008E-06	7,80E-05	0,000378	7,009E-05	3,079E-05
Terrestrial ecotoxicity	kg 1,4-DB eq	0,000265	2,4195E-06	0,000148	0,002970	4,706E-05	2,909E-05
Freshwater ecotoxicity	kg 1,4-DB eq	0,000204	6,655E-07	3,23E-05	0,000394	2,858E-05	2,370E-05
Marine ecotoxicity	kg 1,4-DB eq	0,151435	0,00146604	0,045734	3,069954	0,0806206	0,0346524
Agricultural land occupation	m ² a	0,041388	0,00022284	0,002544	0,007237	0,0032278	0,0010140
Urban land occupation	m ² a	0,141240	5,8308E-05	0,006688	0,005750	0,0085216	0,0009338
Natural land transformation	m ²	0,002707	8,612E-07	0,000170	8,19E-05	0,0002114	2,86E-05
Water depletion	m ³	0,065944	3,0892E-05	0,003910	0,004155	0,0045979	0,0005804
Metal depletion	kg Fe eq	0,042717	0,00072933	0,032725	0,801109	0,0106329	0,0067550
Fossil depletion	kg oil eq	0,103789	0,00143282	0,022232	0,12144	0,0130843	0,0152901

[Tabla 25] Tabla comparativa obra civil de las distintas etapas

Comparativa obra civil de las etapas:

Cambio climático: Como se puede apreciar en la gráfica, el proceso más reseñable vuelve a ser el **proceso urbano**. Desde este punto se puede comparar, qué obra civil es la que menos emisiones de CO₂ emite a la atmosfera. Un dato a tener en cuenta es la considerable disminución en las estaciones potabilizadora y depuradora. Este hecho nos indica que es su proceso energético el que le otorga la mayor cantidad de contaminación.

Ocupación de tierras agrícolas: En este apartado se puede apreciar cómo, prácticamente, sólo se valora la magnitud de la obra civil. Como ejemplo pondremos el proceso de **captación**. GLOBAL =0,044250819 m²a; OBRA CIVIL =0,041388 m²a.

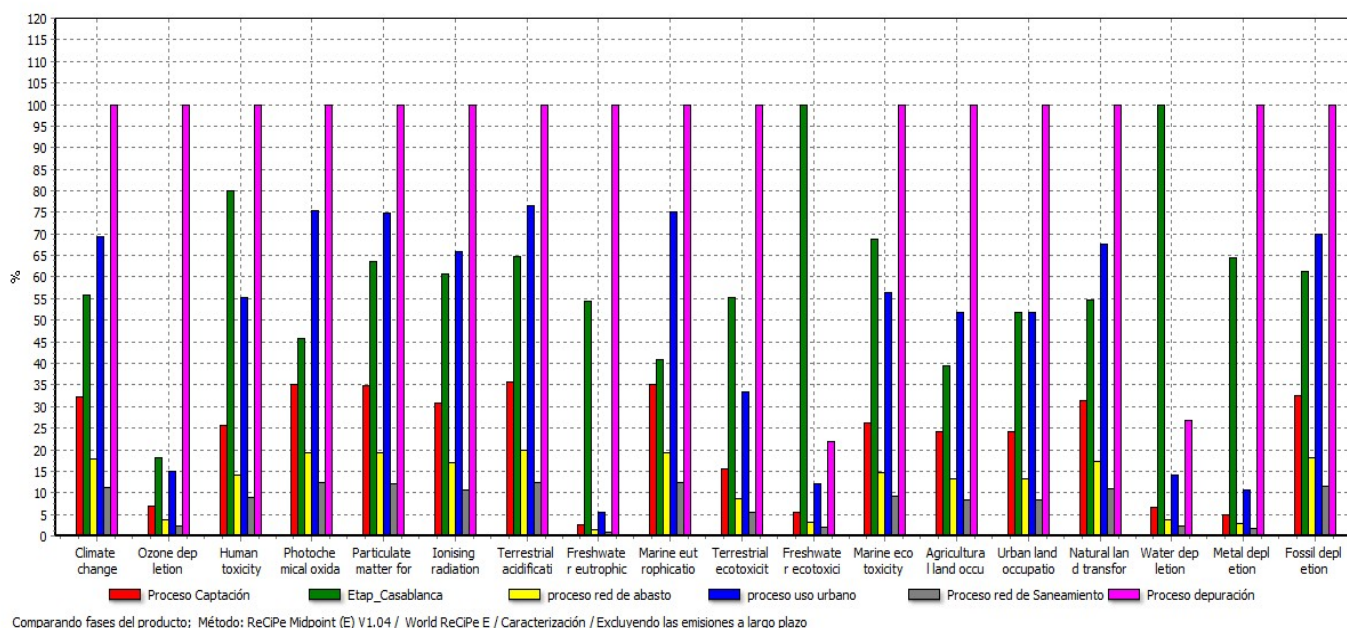
Toxicidad humana: Como se puede observar la toxicidad va altamente ligada a los materiales que se han utilizado en cada proceso. El **uso urbano** vuelve a ser el predominante. En el caso de la ETAP y EDAR es necesario puntualizar que en su construcción el factor de toxicidad no tiene relativa importancia en consonancia con la explotación energética de las mismas.

Agotamiento fósil: Tras la construcción de la obra civil del ciclo se puede concluir que el gasto de transporte de material, no es comparable con el gasto energético del que se abastece el ciclo. Nuevamente vuelve a ser la etapa del **uso urbano** la que mayor índice ostenta.

Ocupación del terreno urbano: Esta categoría de impacto está relacionada directamente con la obra civil de cualquier proyecto. En este caso la etapa más importante será la de **captación** puesto que la captación de Yesa está compuesta

por una gran obra civil (la obra de La Loteta) y una gran ocupación terrenal derivada. Los factores energéticos no tienen prácticamente aplicación en esta categoría.

4.6.1.1.3 COMPARATIVA EXPLOTACIÓN ENERGÉTICA (CORTO PLAZO)



[Figura 21] Comparativa entre etapas, explotación

Categoría de impacto	Unidad	Proceso Captación	Etap Casablanca	proceso red de abasto	proceso uso urbano	Proceso red de Saneamiento	Proceso depuración
<i>Climate change</i>	kg CO ₂ eq	0,12977043	0,22404709	0,07184784	0,27895934	0,04543326	0,40219385
<i>Ozone depletion</i>	kg CFC-11 eq	8,00284E-09	2,0679E-08	4,4308E-09	1,7244E-08	2,8018E-09	1,1466E-07
<i>Human toxicity</i>	kg 1,4-DB eq	0,191969888	0,59716887	0,10628478	0,4126452	0,06720959	0,74773384

<i>Photochemical oxidant formation</i>	kg NMVOC	0,000544432	0,00070925	0,00030143	0,00117033	0,00019061	0,00155258
<i>Particulate matter formation</i>	kg PM10 eq	0,000331996	0,00060531	0,00018381	0,00071364	0,00011623	0,0009528
<i>Ionising radiation</i>	kg U235 eq	0,02505642	0,04950169	0,01387257	0,05385919	0,00877237	0,08165877
<i>Terrestrial acidification</i>	kg SO ₂ eq	0,001197569	0,0021699	0,00066304	0,00257424	0,00041927	0,0033576
<i>Freshwater eutrophication</i>	kg P eq	2,14292E-07	4,6317E-06	1,1864E-07	4,6063E-07	7,5025E-08	8,4959E-06
<i>Marine eutrophication</i>	kg N eq	0,000177627	0,00020701	9,8344E-05	0,00038183	6,2188E-05	0,00050754
<i>Terrestrial ecotoxicity</i>	kg 1,4-DB eq	4,97472E-05	0,00017744	2,7543E-05	0,00010693	1,7417E-05	0,00032149
<i>Freshwater ecotoxicity</i>	kg 1,4-DB eq	2,91401E-05	0,00052179	1,6134E-05	6,2638E-05	1,0202E-05	0,00011405
<i>Marine ecotoxicity</i>	kg 1,4-DB eq	0,077624529	0,20268119	0,04297708	0,16685705	0,02717673	0,29519429
<i>Agricultural land occupation</i>	m ² a	0,002862002	0,0046681	0,00158456	0,00615193	0,001002	0,01185852
<i>Urban land occupation</i>	m ² a	0,000584825	0,00125164	0,00032379	0,00125711	0,00020475	0,00242144
<i>Natural land transformation</i>	m ²	2,06581E-05	3,5985E-05	1,1437E-05	4,441E-05	7,2325E-06	6,5696E-05
<i>Water depletion</i>	m ³	0,000821337	0,01262205	0,00045474	0,00176549	0,00028755	0,00336253
<i>Metal depletion</i>	kg Fe eq	0,001070141	0,01389853	0,00059249	0,0023006	0,00037466	0,02153307
<i>Fossil depletion</i>	kg oil eq	0,040090664	0,07552622	0,02219633	0,08618221	0,01403594	0,12324092

[Tabla 26] Tabla comparativa entre la explotación de las distintas etapas

Cambio climático: Tras analizar la explotación energética, se observa que el resultado obtenido es totalmente distinto a los anteriores. Esto es debido a que solo se comparan los procesos energéticos. En el mix español que se ha utilizado, se contabiliza la energía producida por carbón, gas natural, energía nuclear... Estos parámetros son los que nos darán los índices obtenidos. Como la **depuración** es el proceso energético con más consumo, esta será la que más peso tendrá en esta comparativa.

Ocupación de tierras agrícolas: En este apartado no tiene mucho sentido analizar este aspecto ya que la obra civil es la parte más significativa.

Toxicidad humana: Como se observa en la gráfica, el proceso de uso urbano deja de ser el que ostenta el mayor valor, eso es debido a que al solo interferir los procesos energéticos, el valor más significativo es para el proceso de la **depuración**, que es el más elevado.

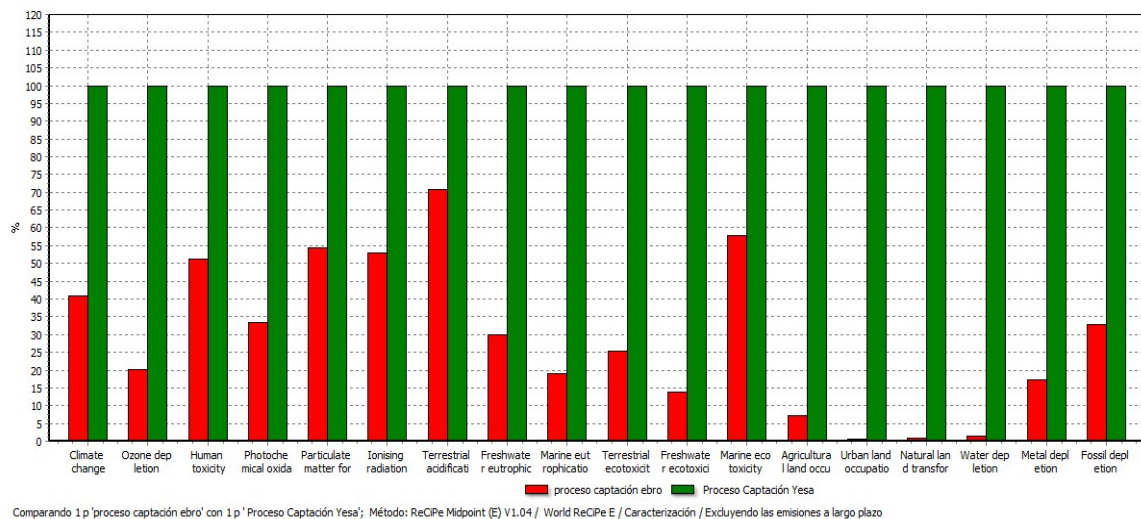
Agotamiento fósil: Como antes se ha comentado, el proceso eléctrico mix español, contiene aportaciones de transformaciones como carbón, gas natural, entre otros minerales fósiles, así pues es muy representativo el consumo de cada etapa. La **depuración** es la etapa con mayor índice.

Ocupación del terreno urbano: Como antes se ha mencionado con la ocupación de tierras agrícolas, esta categoría no es relevante en esta comparativa.

Tras realizar la comparativa global entre todas las etapas, se analizan a continuación las comparativas particulares que se han considerado más interesantes: entre las distintas captaciones y entre las dos depuradoras existentes en la ciudad.

4.6.1.2 COMPARATIVA SUBETAPAS: CAPTACIÓN (CAPTACIÓN EBRO, CAPTACIÓN YESA) *Método: ReCiPe Midpoint (E)*

4.6.1.2.1 COMPARATIVA GLOBAL (CORTO PLAZO)



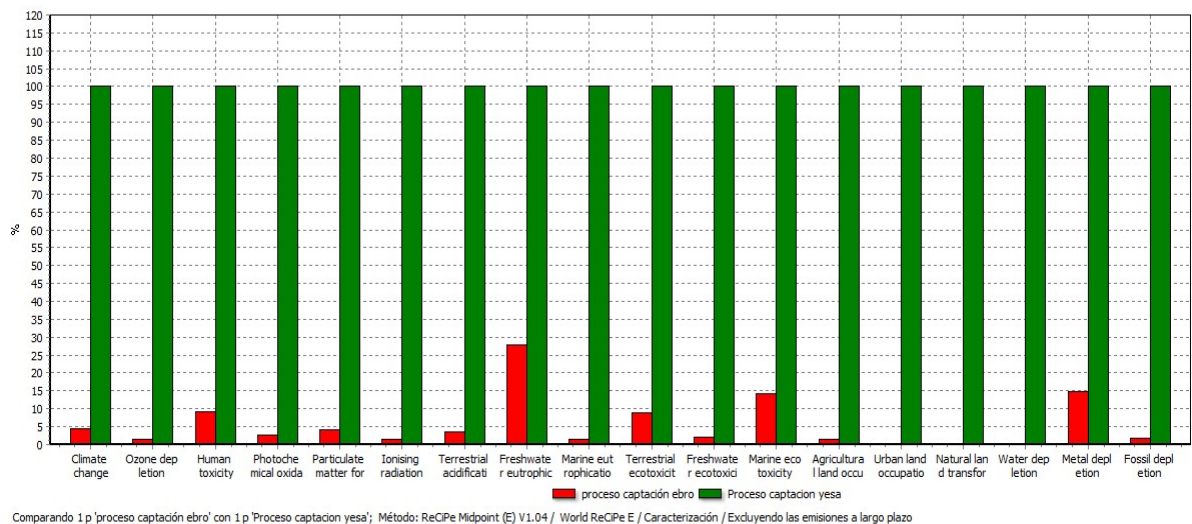
[Figura 22] Gráfica global comparativa entre la captación de Yesa y la del Ebro

Categoría de impacto	Unidad	proceso captación ebro	Proceso Captación Yesa
<i>Climate change</i>	kg CO ₂ eq	0,12121883	0,29638886
<i>Ozone depletion</i>	kg CFC-11 eq	7,178E-09	3,5706E-08
<i>Human toxicity</i>	kg 1,4-DB eq	0,19273358	0,3771974
<i>Photochemical oxidant formation</i>	kg NMVOC	0,00049173	0,00146927
<i>Particulate matter formation</i>	kg PM10 eq	0,00029869	0,00054903
<i>Ionising radiation</i>	kg U235 eq	0,02157639	0,04076736
<i>Terrestrial acidification</i>	kg SO ₂ eq	0,00104831	0,00148204
<i>Freshwater eutrophication</i>	kg P eq	2,3892E-06	8,0085E-06
<i>Marine eutrophication</i>	kg N eq	0,00015976	0,00083685
<i>Terrestrial ecotoxicity</i>	kg 1,4-DB eq	6,3666E-05	0,00025205
<i>Freshwater ecotoxicity</i>	kg 1,4-DB eq	2,8395E-05	0,0002052
<i>Marine ecotoxicity</i>	kg 1,4-DB eq	0,08385685	0,14520268
<i>Agricultural land occupation</i>	m ² a	0,0030245	0,04122632
<i>Urban land occupation</i>	m ² a	0,00080979	0,14101584
<i>Natural land transformation</i>	m ²	2,2844E-05	0,0027049
<i>Water depletion</i>	m ³	0,00085603	0,06590973
<i>Metal depletion</i>	kg Fe eq	0,00641537	0,03737247
<i>Fossil depletion</i>	kg oil eq	0,03552321	0,10835718

[Tabla 27] Comparativa global entre la captación del Ebro y la de Yesa

En términos generales se puede confirmar que el impacto de la captación de Yesa es muy superior al del Ebro. Esto es debido a que la magnitud de la obra civil de Yesa es demasiado elevada para competir con la obra realizada a orillas del Ebro. Sin embargo, la captación de Yesa entre muchas otras cosas, se realizó para mejorar la calidad del agua que actualmente se consume en Zaragoza.

4.6.1.2.2 COMPARATIVA OBRA CIVIL (CORTO PLAZO)



[Figura 23] Comparativa obra civil

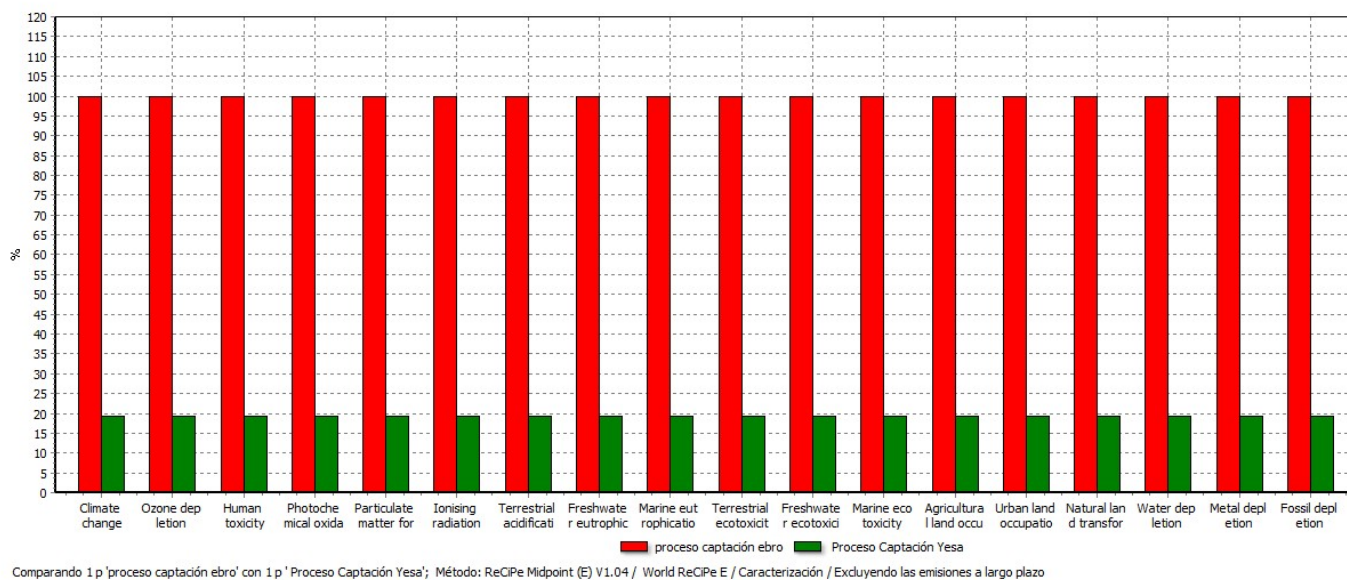
Categoría de impacto	Unidad	proceso captación Ebro	Proceso captación Yesa
<i>Climate change</i>	kg CO ₂ eq	0,01244685	0,27539041
<i>Ozone depletion</i>	kg CFC-11 eq	4,7013E-10	3,4411E-08
<i>Human toxicity</i>	kg 1,4-DB eq	0,03182678	0,34613431

<i>Photochemical oxidant formation</i>	kg NMVOC	3,5395E-05	0,00138117
<i>Particulate matter formation</i>	kg PM10 eq	2,0412E-05	0,00049531
<i>Ionising radiation</i>	kg U235 eq	0,00057441	0,03671293
<i>Terrestrial acidification</i>	kg SO ₂ eq	4,4521E-05	0,00128826
<i>Freshwater eutrophication</i>	kg P eq	2,2095E-06	7,9738E-06
<i>Marine eutrophication</i>	kg N eq	1,0871E-05	0,0008081
<i>Terrestrial ecotoxicity</i>	kg 1,4-DB eq	2,1969E-05	0,000244
<i>Freshwater ecotoxicity</i>	kg 1,4-DB eq	3,9698E-06	0,00020048
<i>Marine ecotoxicity</i>	kg 1,4-DB eq	0,01879293	0,13264208
<i>Agricultural land occupation</i>	m ² a	0,00062561	0,04076321
<i>Urban land occupation</i>	m ² a	0,0003196	0,14092121
<i>Natural land transformation</i>	m ²	5,5287E-06	0,00270155
<i>Water depletion</i>	m ³	0,00016759	0,06577682
<i>Metal depletion</i>	kg Fe eq	0,00551839	0,03719931
<i>Fossil depletion</i>	kg oil eq	0,0019197	0,10187002

[Tabla 28] Tabla comparativa entre la obra civil de las distintas captaciones

Como antes se ha mencionado, aquí se puede apreciar la comparación de la obra civil. Como dato se puede decir que las categorías más relevantes en estos dos apartados serían tanto la ocupación agrícola como la urbana. El impacto de las mismas viene relacionado en el entorno en el que se encuentra el objeto a analizar.

4.6.1.2.3 COMPARATIVA EXPLOTACIÓN ENERGÉTICA (CORTO PLAZO)



[Figura 24] Comparativa entre las explotaciones energéticas

Categoría de impacto	Unidad	proceso captación Ebro	Proceso Captación Yesa
<i>Climate change</i>	kg CO ₂ eq	0,10877198	0,02099845
<i>Ozone depletion</i>	kg CFC-11 eq	6,7079E-09	1,295E-09
<i>Human toxicity</i>	kg 1,4-DB eq	0,1609068	0,03106309
<i>Photochemical oxidant formation</i>	kg NMVOC	0,00045634	8,8096E-05
<i>Particulate matter formation</i>	kg PM10 eq	0,00027827	5,3721E-05
<i>Ionising radiation</i>	kg U235 eq	0,02100198	0,00405444
<i>Terrestrial acidification</i>	kg SO ₂ eq	0,00100379	0,00019378

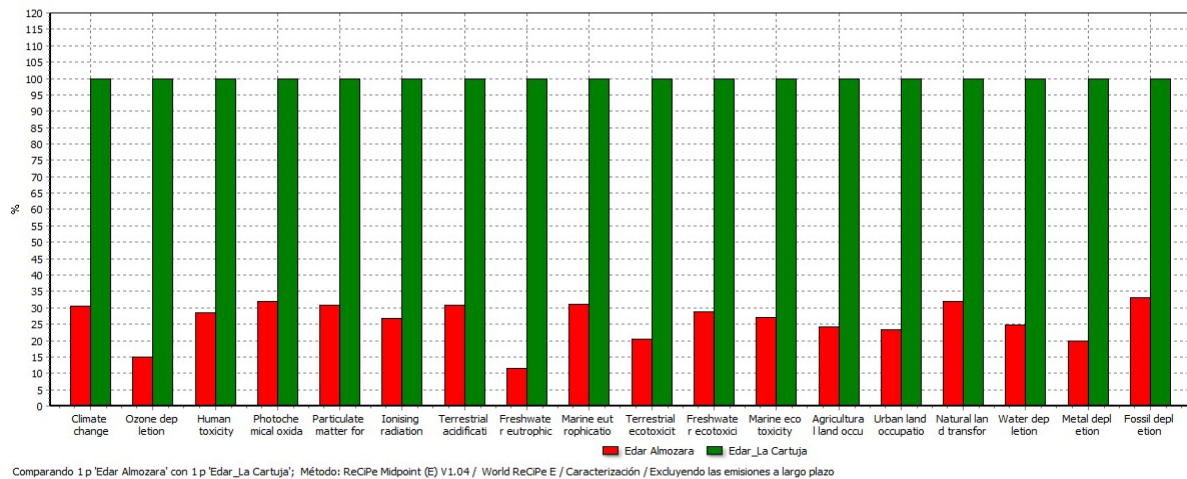
<i>Freshwater eutrophication</i>	kg P eq	1,7962E-07	3,4675E-08
<i>Marine eutrophication</i>	kg N eq	0,00014888	2,8742E-05
<i>Terrestrial ecotoxicity</i>	kg 1,4-DB eq	4,1698E-05	8,0497E-06
<i>Freshwater ecotoxicity</i>	kg 1,4-DB eq	2,4425E-05	4,7152E-06
<i>Marine ecotoxicity</i>	kg 1,4-DB eq	0,06506393	0,0125606
<i>Agricultural land occupation</i>	m ² a	0,0023989	0,00046311
<i>Urban land occupation</i>	m ² a	0,00049019	9,4632E-05
<i>Natural land transformation</i>	m ²	1,7315E-05	3,3427E-06
<i>Water depletion</i>	m ³	0,00068843	0,0001329
<i>Metal depletion</i>	kg Fe eq	0,00089698	0,00017316
<i>Fossil depletion</i>	kg oil eq	0,0336035	0,00648716

[Tabla 29] Tabla comparativa entre la explotación en las distintas captaciones

En esta comparativa se aprecia un dato totalmente significativo. El consumo del Ebro es muy superior en comparación con el de Yesa. Eso es debido a que gran parte del bombeo de Yesa se abastece por gravedad, sin necesidad de la aportación de un bombeo auxiliar. Este dato es muy relevante, ya que abastecer con coste energético mínimo disminuiría el impacto y abarataría su coste y mantenimiento.

4.6.1.3 COMPARATIVA SUBETAPAS: DEPURACIÓN (EDAR DE LA ALMOZARA, EDAR DE LA CARTUJA) Método: ReCiPe Midpoint (E)

4.6.1.3.1 COMPARATIVA GLOBAL (CORTO PLAZO)



[Figura 25] Gráfica comparativa entre EDARs

Categoría de impacto	Unidad	Edar Almozara	Edar_La Cartuja
<i>Climate change</i>	kg CO ₂ eq	0,10148543	0,33237685
<i>Ozone depletion</i>	kg CFC-11 eq	1,5534E-08	1,0389E-07
<i>Human toxicity</i>	kg 1,4-DB eq	0,18912716	0,66064947
<i>Photochemical oxidant formation</i>	kg NMVOC	0,00040289	0,00125979
<i>Particulate matter formation</i>	kg PM10 eq	0,00023763	0,00076854
<i>Ionising radiation</i>	kg U235 eq	0,01761533	0,06606729
<i>Terrestrial acidification</i>	kg SO ₂ eq	0,00082408	0,00267048
<i>Freshwater eutrophication</i>	kg P eq	9,6863E-07	8,4899E-06
<i>Marine eutrophication</i>	kg N eq	0,0001273	0,00041103
<i>Terrestrial ecotoxicity</i>	kg 1,4-DB eq	5,9784E-05	0,0002908
<i>Freshwater ecotoxicity</i>	kg 1,4-DB eq	3,0691E-05	0,00010706
<i>Marine ecotoxicity</i>	kg 1,4-DB eq	0,07049964	0,25934709
<i>Agricultural land occupation</i>	m ² a	0,00250836	0,01036424
<i>Urban land occupation</i>	m ² a	0,00063454	0,00272072
<i>Natural land transformation</i>	m ²	2,2898E-05	7,1494E-05
<i>Water depletion</i>	m ³	0,00078298	0,0031598
<i>Metal depletion</i>	kg Fe eq	0,00466682	0,02362134

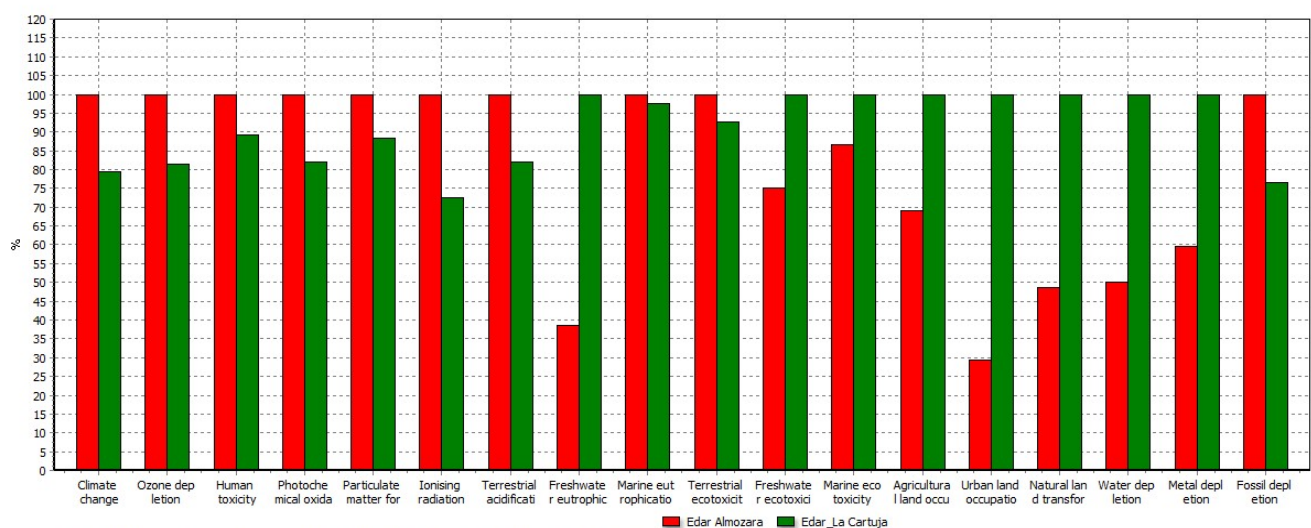
<i>Fossil depletion</i>	kg oil eq	0,03450543	0,10402568
-------------------------	-----------	------------	------------

[Tabla 30] Tabla comparativa entre EDARs

La comparativa entre las EDARES, surge del interés de saber cuál pudiera ser la más eficaz y cuál tiene mayor impacto en las comparativas a las que serán sometidas.

Respecto a la comparativa global, la EDAR de la Cartuja representa un mayor impacto, puesto que abastece a 1.200.000 personas y la de La Almozara sobre unas 100.000. El proceso energético en este caso es determinante.

4.6.1.3.2 COMPARATIVA OBRA CIVIL (CORTO PLAZO)



[Figura 26] Comparativa entre EDARs, obra civil

Categoría de impacto	Unidad	Edar Almozara	Edar La Cartuja
<i>Climate change</i>	kg CO ₂ eq	0,01764424	0,01402419
<i>Ozone depletion</i>	kg CFC-11 eq	2,6253E-09	2,1391E-09

<i>Human toxicity</i>	kg 1,4-DB eq	0,05396078	0,048082
<i>Photochemical oxidant formation</i>	kg NMVOC	6,0486E-05	4,9606E-05
<i>Particulate matter formation</i>	kg PM10 eq	2,8354E-05	2,501E-05
<i>Ionising radiation</i>	kg U235 eq	0,00117263	0,00085123
<i>Terrestrial acidification</i>	kg SO ₂ eq	7,5281E-05	6,168E-05
<i>Freshwater eutrophication</i>	kg P eq	2,672E-07	6,9539E-07
<i>Marine eutrophication</i>	kg N eq	1,5599E-05	1,5196E-05
<i>Terrestrial ecotoxicity</i>	kg 1,4-DB eq	1,5105E-05	1,399E-05
<i>Freshwater ecotoxicity</i>	kg 1,4-DB eq	1,017E-05	1,3536E-05
<i>Marine ecotoxicity</i>	kg 1,4-DB eq	0,01609283	0,01855961
<i>Agricultural land occupation</i>	m ² a	0,00041435	0,00059973
<i>Urban land occupation</i>	m ² a	0,00021139	0,00072243
<i>Natural land transformation</i>	m ²	9,3711E-06	1,9325E-05
<i>Water depletion</i>	m ³	0,00019356	0,00038668
<i>Metal depletion</i>	kg Fe eq	0,00252124	0,00423385
<i>Fossil depletion</i>	kg oil eq	0,00866072	0,00662947

[Tabla 31] Tabla comparativa entre la obra civil de las EDARs

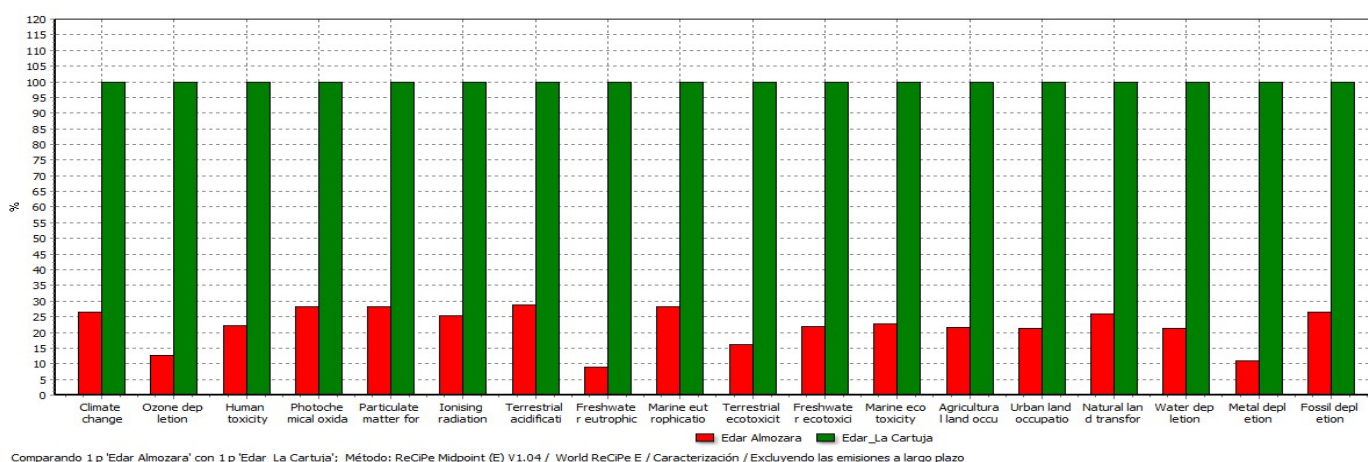
Dado que la depuradora de La Cartuja tiene una capacidad mucho mayor, cabría esperar que los impactos por m³ de agua tratada fueran menores, debido a la economía y eficiencia por la escala; sin embargo esto no se observa en los resultados debido a que se trata de tecnologías diferentes. La planta de La Cartuja

está cubierta y tiene un sistema de desodorización, que no existe en otras depuradoras.

Si se profundiza en las tablas se puede observar que las categorías de impacto más perjudiciales como cambio climático, toxicidad humana y agotamiento del recursos fósiles predomina la EDAR de la Almozara, sin embargo en categorías como las de uso de la tierra la EDAR de La Cartuja es mas perjudicial, debido a que es mucho mayor y por lo tanto ocupa mas espacio.

Aquí se puede ver una breve estimación de cómo se ha aplicado la economía y eficiencia por escala.

4.6.1.3.3 COMPARATIVA EXPLOTACIÓN ENERGÉTICA (CORTO PLAZO)



[Figura 27] Tabla comparativa entre EDARs, explotación energética

Categoría de impacto	Unidad	Edar Almozara	Edar La Cartuja
<i>Climate change</i>	kg CO ² eq	0,083841188	0,318352663
<i>Ozone depletion</i>	kg CFC-11 eq	1,29085E-08	1,01751E-07
<i>Human toxicity</i>	kg 1,4-DB eq	0,135166377	0,612567463

<i>Photochemical oxidant formation</i>	kg NMVOC	0,000342403	0,001210181
<i>Particulate matter formation</i>	kg PM10 eq	0,000209273	0,00074353
<i>Ionising radiation</i>	kg U235 eq	0,016442705	0,065216066
<i>Terrestrial acidification</i>	kg SO ² eq	0,000748804	0,002608799
<i>Freshwater eutrophication</i>	kg P eq	7,01432E-07	7,79449E-06
<i>Marine eutrophication</i>	kg N eq	0,000111705	0,000395836
<i>Terrestrial ecotoxicity</i>	kg 1,4-DB eq	4,46788E-05	0,000276806
<i>Freshwater ecotoxicity</i>	kg 1,4-DB eq	2,05208E-05	9,35253E-05
<i>Marine ecotoxicity</i>	kg 1,4-DB eq	0,054406806	0,240787487
<i>Agricultural land occupation</i>	m ² a	0,002094017	0,009764508
<i>Urban land occupation</i>	m ² a	0,000423151	0,001998289
<i>Natural land transformation</i>	m ²	1,35273E-05	5,21686E-05
<i>Water depletion</i>	m ³	0,000589418	0,002773116
<i>Metal depletion</i>	kg Fe eq	0,002145579	0,019387493
<i>Fossil depletion</i>	kg oil eq	0,025844716	0,097396207

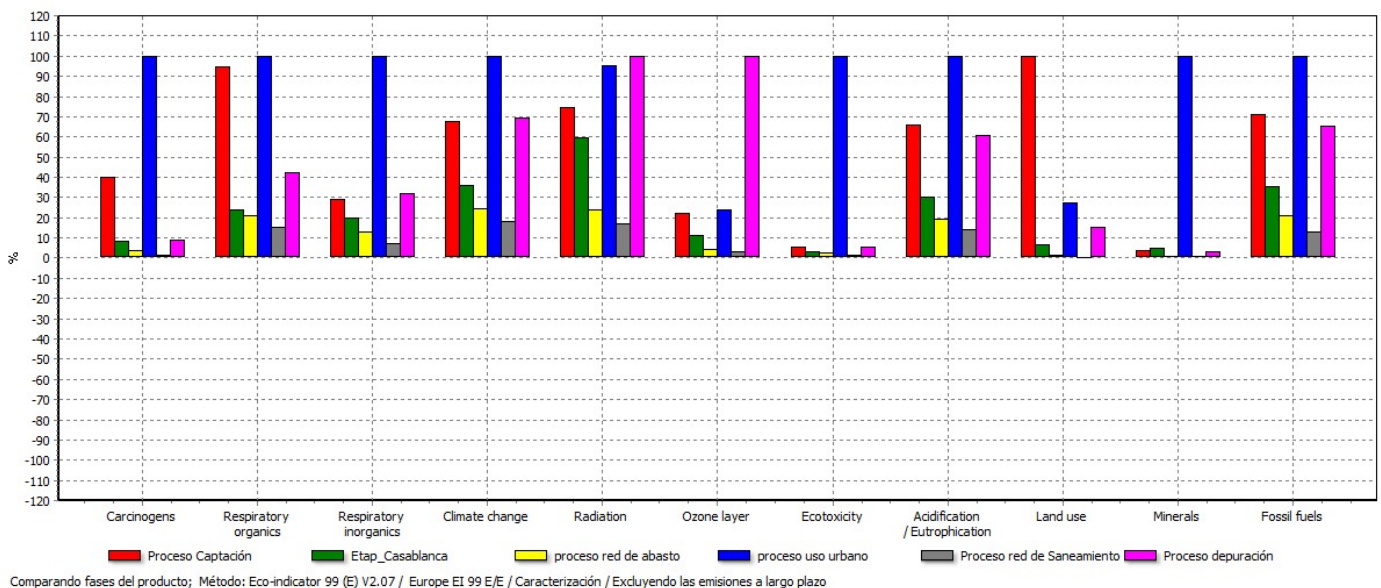
[Tabla 32] Tabla comparativa entre la explotación de las EDARs

Tras los análisis, se concluye que la EDAR de La Cartuja tiene un proceso energético superior a la EDAR de La Almozara.

4.6.2 DAÑOS DE SALUD HUMANA (Método Eco-Indicador 99)

4.6.2.1 COMPARATIVA ETAPAS

4.6.2.1.1 COMPARATIVA GLOBAL (CORTO PLAZO)



[Figura 28] Tabla comparativa entre etapas

Categoría de impacto	Unidad	Proceso Captación	Etap_Casablanca	proceso red de abasto	proceso uso urbano	Proceso red de Saneamiento	Proceso depuración
<i>Carcinogens</i>	DALY	1,75E-07	3,6446E-08	1,58E-08	4,39E-07	6,013E-09	3,94E-08
<i>Respiratory organics</i>	DALY	3,18E-10	8,1328E-11	7,17E-11	3,37E-10	5,085E-11	1,43E-10
<i>Respiratory inorganics</i>	DALY	3,54E-07	2,4039E-07	1,55E-07	1,21E-06	8,596E-08	3,86E-07
<i>Climate change</i>	DALY	9,16E-08	4,9046E-08	3,28E-08	1,35E-07	2,466E-08	9,42E-08
<i>Radiation</i>	DALY	1,3072E-09	1,0402E-09	4,2181E-10	1,673E-09	2,96676E-10	1,7545E-09
<i>Ozone layer</i>	DALY	4,12E-11	2,1131E-11	8,30E-12	4,39E-11	5,897E-12	1,84E-10
<i>Ecotoxicity</i>	PAF*m ² yr	0,076591	0,04556957	0,038089	1,432190	0,01753990	0,080984
<i>Acidification/ Eutrophication</i>	PDF*m ² yr	0,011373	0,00528039	0,003302	0,017311	0,00242823	0,010486
<i>Land use</i>	PDF*m ² yr	0,031302	0,00209344	0,000426	0,008524	6,549E-05	0,004773
<i>Minerals</i>	MJ surplus	0,020727	0,03027254	0,006589	0,587668	0,00401281	0,018764
<i>Fossil fuels</i>	MJ surplus	0,462710	0,23197594	0,136141	0,65016	0,08450733	0,4251129

[Tabla 33] Tabla comparativa entre etapas

En esta comparativa el método se centra más en los daños que se producen a la salud humana.

Aparecen nuevas categorías de impacto como: daños cancerígenos, daños respiratorios inorgánicos y orgánicos. Con este estudio se trata de obtener

información sobre los factores más importantes que perjudican la salubridad del entorno, así como la del consumidor.

Las categorías de impacto que se tratarán serán:

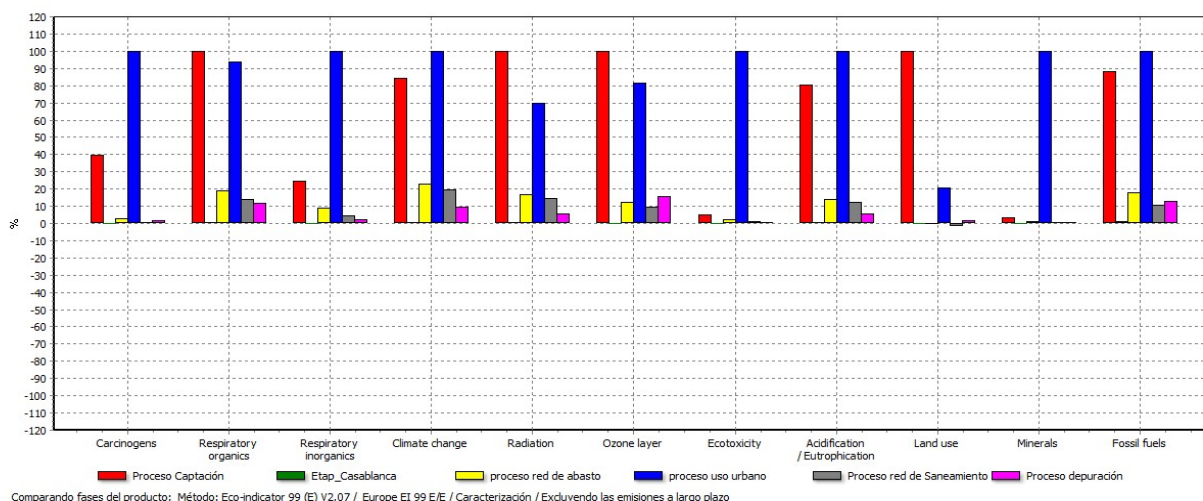
1. daños cancerígenos
2. daños respiratorios inorgánicos
3. daños respiratorios orgánicos

Daños cancerígenos: El alcance de este indicador es global y local. Su daño se expresa en DALY/Kg emisión. Tras estudiar los resultados, se puede estimar que el **proceso de captación** y el **proceso de uso urbano** representan un daño más elevado que el resto de etapas. En esta categoría de impacto se tienen muy en cuenta las emisiones de gases orgánicos. En este caso, la cantidad de material utilizado es la más representativa, ya que luego se analizarán las dos partes por separado para la mejor comprensión de los resultados.

Daños respiratorios orgánicos: Esta categoría de impacto analiza los efectos respiratorios como el resultado de emisiones de sustancias orgánicas al aire. El indicador de esta categoría es el Potencial de Creación de Ozono Fotoquímico (POCP). El alcance de este indicador es global y local. El daño se expresa en DALY/Kg emisión. Como estas dos categorías están relacionadas con respecto a sus factores de representación, las gráficas nos vuelve a mostrar una pequeña similitud con respecto a la anterior, se ha potenciado el **proceso de captación**, pero la base de los resultados vuelve a ser determinante con respecto a las demás etapas. De nuevo los materiales representados en el inventario vuelven a ser el objeto de la magnitud del resultado.

Daños respiratorios inorgánicos: El alcance de esta categoría también es global y local. Su unidad es el DALY/kg emisión. Se contabilizan en particular las emisiones de SO_x y NO_x. Tras el análisis **el proceso de uso urbano** prevalece como indicador referencia, debido a las emisiones de sus materiales, ya que producen un alto contenido en dióxidos de carbono. Las EDAR (sulfato de sodio y ácido sulfúrico) y ETAP (sulfato de alúmina) contribuyen al impacto con sus reactivos.

4.6.2.1.2 COMPARATIVA OBRA CIVIL (CORTO PLAZO)



[Figura 29] Gráfico comparativa etapas, obra civil

Categoría de impacto	Unidad	Proceso Captación	Etap Casablanca	proceso red de abasto	proceso uso urbano	Proceso red de Saneamiento	Proceso depuración
<i>Carcinogens</i>	DALY	1,66E-07	2,6668E-10	1,09E-08	4,20E-07	2,8949E-09	6,65E-09

<i>Respiratory organics</i>	DALY	2,8681E-10	1,3271E-12	5,42E-11	2,69E-10	3,9796E-11	3,33E-11
<i>Respiratory inorganics</i>	DALY	2,29E-07	1,6248E-09	8,58E-08	9,40E-07	4,1916E-08	2,16E-08
<i>Climate change</i>	DALY	6,35E-08	5,0355E-10	1,73E-08	7,53E-08	1,4829E-08	7,23E-09
<i>Radiation</i>	DALY	7,81E-10	2,2458E-12	1,30E-10	5,44E-10	1,1276E-10	4,24E-11
<i>Ozone layer</i>	DALY	3,356E-11	8,8141E-14	4,0348E-12	2,7361E-11	3,1998E-12	5,2085E-12
<i>Ecotoxicity</i>	PAF*m ² yr	0,067249	0,00073647	0,032917	1,412110	0,0142694	0,011074
<i>Acidification/ Eutrophication</i>	PDF*m ² yr	0,007859	3,075E-05	0,001356	0,009757	0,0011979	0,000534
<i>Land use</i>	PDF*m ² yr	0,030236	6,8147E-05	-0,00016	0,006231	-0,0004389	0,000561
<i>Minerals</i>	MJ surplus	0,0201922	0,00028756	0,006293	0,586516	0,0038252	0,003027
<i>Fossil fuels</i>	MJ surplus	0,339382	0,00423978	0,067860	0,385050	0,0413295	0,0493762

[Tabla 34] Tabla comparativa obra civil, etapas

Daños cancerígenos: Como dato reseñable habría que destacar el escaso índice de contaminación por parte de las EDAR y ETAP.

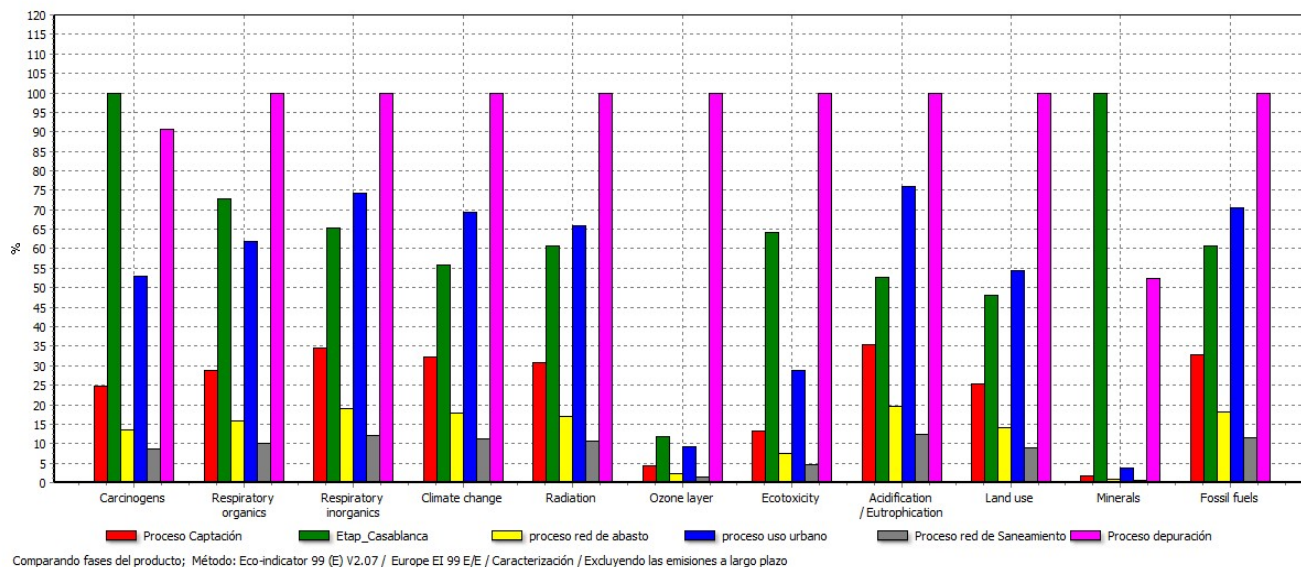
Daños respiratorios orgánicos: La aportación de la tabla Excel indica en este caso que la obra civil de la captación es más perjudicial que la de uso. Un dato destacable es que la obra civil de la captación es superior al proceso de uso urbano, realmente es un parámetro a estudiar. Las primeras reflexiones indican que esto es debido a la gran cantidad de emisiones de dióxidos que se producen a la hora de trasladar todo el material a la ubicación.

Daños respiratorios inorgánicos: En esta categoría la obra civil y la explotación energética aportan unos datos semejantes.

4.6.2.1.3 COMPARATIVA EXPLOTACIÓN ENERGÉTICA (CORTO PLAZO)

Categoría de impacto	Unidad	Proceso Captación	Etap Casablanca	proceso red de abasto	proceso uso urbano	Proceso red de Saneamiento	Proceso depuración
<i>Carcinogens</i>	DALY	8,90E-09	3,618E-08	4,93E-09	1,91E-08	3,1186E-09	3,28E-08
<i>Respiratory organics</i>	DALY	3,15E-11	8E-11	1,74E-11	6,79E-11	1,1062E-11	1,09E-10
<i>Respiratory inorganics</i>	DALY	1,25E-07	2,3877E-07	6,9E-08	2,70E-07	4,405E-08	3,64E-07
<i>Climate change</i>	DALY	2,81E-08	4,8542E-08	1,55E-08	6,04E-08	9,8384E-09	8,69E-08
<i>Radiation</i>	DALY	5,25E-10	1,0379E-09	2,90E-10	1,12E-09	1,8391E-10	1,71E-09
<i>Ozone layer</i>	DALY	7,70E-12	2,1043E-11	4,26E-12	1,66E-11	2,6977E-12	1,79E-10
<i>Ecotoxicity</i>	PAF*m ² yr	0,009341	0,0448331	0,005171	0,020079	0,00327051	0,069910
<i>Acidification/ Eutrophication</i>	PDF*m ² yr	0,003514	0,00524964	0,001945	0,007554	0,00123032	0,009951
<i>Land use</i>	PDF*m ² yr	0,00106657	0,00202529	0,000590	0,002292	0,00037341	0,004212
<i>Minerals</i>	MJ surplus	0,00053573	0,02998498	0,000296	0,001151	0,00018756	0,015737
<i>Fossil fuels</i>	MJ surplus	0,12332821	0,22773616	0,068281	0,265118	0,04317781	0,3757367

[Tabla 35] Tabla comparativa explotación



[Figura 30] Gráfico comparativo etapas, explotación energética

Daños cancerígenos: Los datos obtenidos en comparación con la obra civil aportan poco peso.

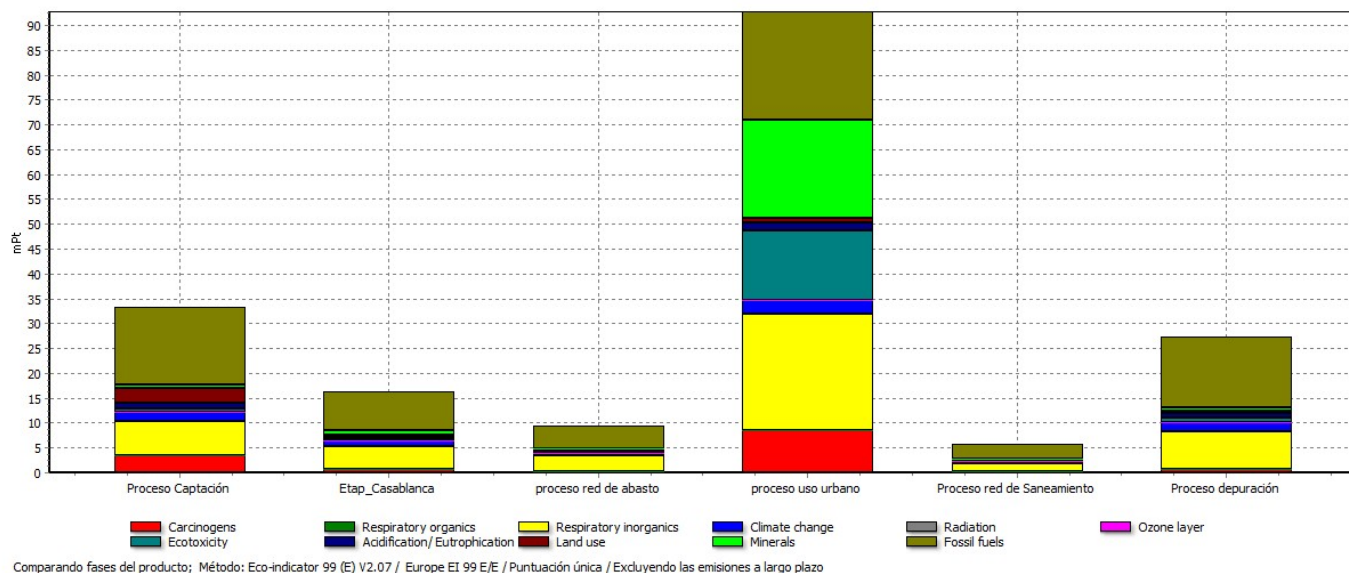
Daños respiratorios orgánicos: Comparativamente con los daños cancerígenos, éstos tampoco aportan un gran peso.

Daños respiratorios inorgánicos: En esta categoría la obra civil y la explotación energética aportan unos datos semejantes.

PONDERACIÓN

Permite determinar, cualitativa o cuantitativamente, la importancia relativa de las distintas categorías de impacto con la finalidad de obtener un resultado único o índice ambiental. La valoración o ponderación entre categorías es un paso difícil y controvertido debido a la subjetividad envuelta en el proceso (juicios de valor, razones políticas...) y por ello pocas veces se realiza.

4.6.2.1.4 COMPARATIVA GLOBAL (CORTO PLAZO)



[Figura 31] Gráfico comparativo etapas, puntuación única

Categoría de impacto	Unidad	Proceso Captación	Etap_Casablanca	proceso red de abasto	proceso uso urbano	Proceso red de Saneamiento	Proceso depuración
<i>Total</i>	Pt	0,03325082	0,01632242	0,00950432	0,09277036	0,00564663	0,02732833
<i>Carcinogens</i>	Pt	0,00340015	0,00070742	0,00030836	0,00852605	0,00011672	0,00076604
<i>Respiratory organics</i>	Pt	6,1804E-06	1,5786E-06	1,3927E-06	6,5466E-06	9,8715E-07	2,7771E-06
<i>Respiratory inorganics</i>	Pt	0,00688849	0,00466604	0,00301763	0,02349513	0,00166859	0,00750165
<i>Climate change</i>	Pt	0,00177857	0,00095198	0,00063791	0,00263515	0,0004788	0,00182848
<i>Radiation</i>	Pt	2,5373E-05	2,0189E-05	8,1872E-06	3,2478E-05	5,7585E-06	3,4054E-05
<i>Ozone layer</i>	Pt	8,0104E-07	4,1016E-07	1,6112E-07	8,5329E-07	1,1447E-07	3,5798E-06
<i>Ecotoxicity</i>	Pt	0,00074677	0,0004443	0,00037137	0,01396385	0,00017101	0,0007896

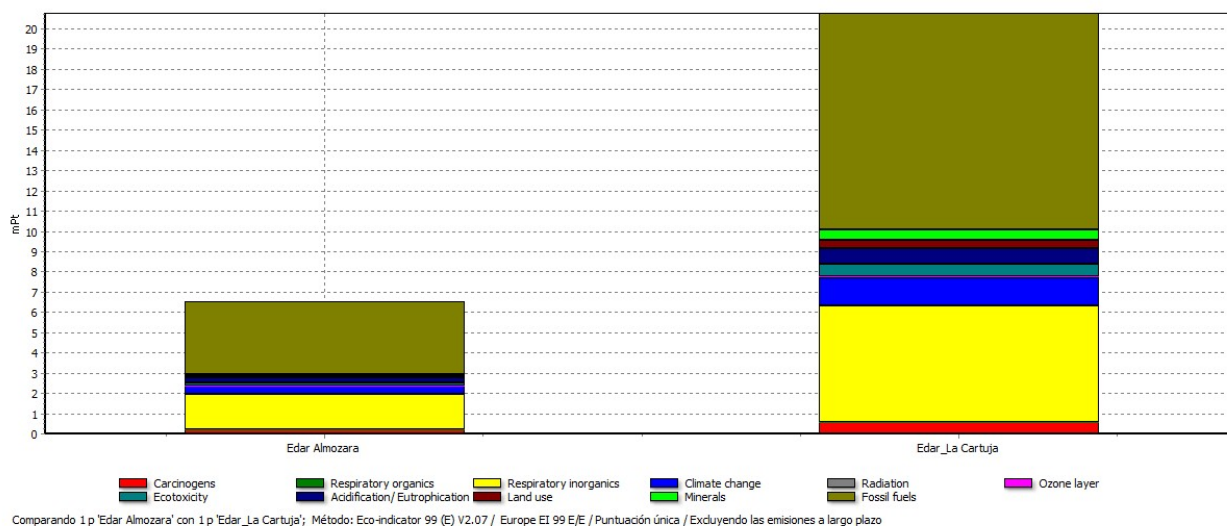
<i>Acidification/ Eutrophication</i>	Pt	0,00110896	0,00051484	0,00032199	0,00168784	0,00023675	0,00102241
<i>Land use</i>	Pt	0,00305201	0,00020411	4,1565E-05	0,00083112	-6,3858E-06	0,00046545
<i>Minerals</i>	Pt	0,00069646	0,00101716	0,00022141	0,01974566	0,00013483	0,00063049
<i>Fossil fuels</i>	Pt	0,01554707	0,00779439	0,00457435	0,02184568	0,00283945	0,01428379

[Tabla 36] Comparativa entre etapas, puntuación única

Esta gráfica nos permite localizar visualmente cuales son los parámetros que más afectan a cada etapa.

COMPARATIVA ENTRE EDARs

El fin de este apartado es el de visualmente con la ponderación ver como en las EDAR hay una total sincronía en sus índices de impacto.



[Figura 32] Gráfico comparativo EDARs, puntuación única

Los valores se miden en mPt y aunque la EDAR de La Cartuja sea superior se aprecia que los resultados de las categorías de impacto son prácticamente equitativos.

4.7 CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

En este trabajo se ha llevado a cabo una primera aproximación al análisis de Ciclo de Vida del Ciclo Integral del Agua en Zaragoza. Los estudios previos existentes hasta la fecha abordan el ciclo del agua de la ciudad de una forma parcial, por lo que el trabajo realizado supone una contribución tanto novedosa como enriquecedora a la ya de por sí extensa cultura del agua en la región de Aragón en general y en la Universidad de Zaragoza en particular.

Se trata de un trabajo novedoso generalmente no abordado por el consumo de recursos necesario para obtener el inventario de materiales de todo el ciclo integral de una ciudad de 700.000 habitantes. Ello permite obtener resultados completos de todas las etapas del ciclo del agua e incluso comparar entre sí las distintas formas de captación o las diferentes tecnologías utilizadas en el tratamiento de agua en la ciudad, en el caso de opciones múltiples de abasto o depuración de aguas.

Tras el estudio realizado y la reflexión de la analítica de resultados se someten a estudio dos grandes aseveraciones. Por una parte, los resultados se analizan englobados en la categoría de impacto de “salud humana” y por la otra se completaría con la categoría de impacto de “movimiento de tierras”. A continuación se explican estas dos perspectivas:

- Salud Humana: Esta categoría engloba, “cambio climático”, “pérdida de ozono”, “toxicidad humana”, “agotamiento de minerales fósiles” .Sin lugar a dudas el proceso más perjudicial del ciclo sería el uso urbano, puesto que el inventario de materiales indica datos irreprochables a la hora de factorizar las categorías de impacto y en segundo lugar, su

explotación energética contiene un proceso de gas natural, a parte de un “mix” eléctrico.

- Ocupación de terreno: Este proceso aunque menos perjudicial para el usuario, es muy significativo, puesto que supone también el agotamiento de un recurso finito como es la tierra, con consecuencias en la biodiversidad del entorno, lo cual tampoco es muy beneficioso. En el caso de esta categoría, el proceso de captación es el predominante puesto que la obra civil genera un gran aumento en estos índices.

Como reflexión final tras un año de trabajo en este PFC, puede concluirse que la elaboración del ACV completo del ciclo del agua es una tarea complicada cuando se pretende trabajar con datos originales y propios de la instalación a analizar en lugar de tomar directamente los valores que proporcionan las distintas bases de datos implementadas en los programas informáticos.

En la fase inicial de este PFC se consultaron diversos estudios realizados con temática similar, pero se vio que ninguno de ellos aborda el problema de forma completa. Algunos hablan de forma cuantitativa y otros incluyen únicamente los consumos en operación, especialmente en las etapas de potabilización, transporte y depuración.

Los resultados presentados en este PFC constituyen, como ya se ha indicado reiteradamente, una primera valoración del ciclo integral del agua en Zaragoza a través de la herramienta de gestión ambiental del ACV.

- La principal limitación con la que se contaba al comienzo del trabajo era la disponibilidad de datos reales de las distintas etapas del ciclo. Esta circunstancia ha sido salvada gracias a las numerosas reuniones mantenidas con los responsables del Servicio del Ciclo Integral del Agua de Zaragoza y con los gestores de las distintas plantas de tratamiento de agua en la ciudad. La elaboración del inventario de materiales en la obra civil de las plantas ha supuesto el mayor reto de

esta parte, ya que mucha de la información ha tenido que ser obtenida a partir de planos físicos.

- Los datos de operación se presentaban frecuentemente de forma agregada y ha sido necesario analizar con cuidado las distintas etapas para llevar a cabo la necesaria desagregación por etapas.
- La determinación de la unidad funcional para el ACV fue también un asunto delicado, ya que existían diversas opciones, teniendo en cuenta que en el ciclo integral del agua en cada etapa se producen unas pérdidas y por tanto 1 m³ en la captación no llega totalmente al uso final, por ejemplo. Finalmente se optó por tomar el m³ de agua tratada en cada etapa, con la idea de poder realizar una correcta comparación de las etapas del ciclo integral del agua en el caso de Zaragoza.

Queda no obstante pendiente abordar aspectos tales como:

- la comparación complementaria tomando como unidad el m³ de agua a la entrada del uso. Esto significa incluir en el análisis los distintos factores de pérdidas presentes entre una etapa y otra, según lo indicado en el diagrama del ciclo de vida de la sección 4.6 de este PFC. Ello permitirá comparar no solo las distintas etapas del ciclo entre si y con otras instalaciones similares, sino también conocer el impacto total de cada m³ de agua que se consume al abrir el grifo de un hogar zaragozano.
- el tratamiento más pormenorizado del uso de la tierra y consumo de agua como recursos consumidos en las entradas de las etapas del ciclo de vida del ciclo del agua, a la hora de realizar el inventario. Ello se observa tras el análisis de ciertos resultados obtenidos, que parecen demasiado poco relevantes de las categorías de impacto asociables al consumo de dichos recursos.
- Finalmente, incluir la etapa de desmantelamiento de las instalaciones, para completar el ACV completo de un producto o proceso, incluyendo

todas sus fases (montaje-elaboración-construcción, operación-consumo, y desmantelamiento-reciclado).

Por lo tanto, los resultados deben tomarse con todas las reservas que indican los puntos anteriores. No obstante, ello no debe reducir la calidad del trabajo realizado: a pesar del esfuerzo, es bueno recordar que las conclusiones comentadas en la interpretación de los resultados obtenidos presentadas en el caso de estudio, son en general coherentes con lo que cabía esperar, y por tanto hacen confiar en la precisión de los datos utilizados. Por ejemplo, los 3 métodos analizados en este PFC con el software SimaPro, arrojan valores relativos similares para el peso de cada una de las etapas del ciclo integral del agua en Zaragoza.

ANEXOS

ANEXO A: INFORMACIÓN ADICIONAL PARA LA CARACTERIZACIÓN DE LAS BOMBAS Y TRAFOS DEL CICLO DEL AGUA

Se facilitará una descripción general de las características principales de cada bomba, así como su modelo.

EDAR DE LA CARTUJA

Bombas de impulsión de agua sin tratar.

Bomba utilizada: **BOMBA AXIAL DE IMPULSOR DE CANAL ; GAMA 78E (Grundfos).**

- Requerimientos:
 1. $H = 10 \text{ m}$
 2. $Q = 1,5 \text{ m}^3/\text{s}$ (por bomba)
 3. Peso bomba = 4900-5900 kg
 4. $P[\text{KW}] = 75-520$

Elevación de aguas M.I. del Ebro.

Bomba utilizada: **BOMBA AXIAL DE HÉLICE SUMERGIDA ; GAMA 70 (Grundfos).**

- Requerimientos:

1. $H = 5,5 \text{ m}$
2. $Q = 700 \text{ l/s}$
3. Peso bomba = 1290 kg
4. $P[\text{KW}] = 45-130$

Bomba de recirculación de fangos.

Bomba utilizada: **BOMBA AXIAL DE HÉLICE SUMERGIDA ; GAMA 74 (Grundfos).**

- Requerimientos:
 1. $H = 4 \text{ m}$
 2. $Q = 1,5 \text{ m}^3/\text{s}$
 3. Peso bomba = 2800 kg
 4. $P[\text{KW}] = 55-200$

EDAR DE LA ALMOZARA

Bomba de impulsión de agua sin tratar.

Bomba utilizada: **BOMBA AXIAL DE IMPULSOR DE CANAL; GAMA 66 E,L,M (Grundfos).**

- Requerimientos:
 5. $H = 6,5 \text{ m}$
 6. $Q = 0,4-0,6 \text{ m}^3/\text{s}$
 7. Peso bomba = 740-1830 kg
 8. $P[\text{KW}] = 22-50$

Bomba de recirculación de fangos.

Bomba utilizada: **BOMBA AXIAL DE HÉLICE ; GAMA 58 (Grundfos).**

- Requerimientos:
 9. $H = 2,5 \text{ m}$
 10. $Q = 200 \text{ l/s}$
 11. Peso bomba = 470 kg
 12. $P[\text{KW}] = 7,5-28$

EBRO-CASABLANCA(etapa de captación)

Bomba utilizada: **BOMBA DE IMPULSOR DE CANAL ; GAMA 78 Nº10 (Grundfos).**

- Requerimientos :
 1. $H = 50 \text{ m}$
 2. $Q = 0,78 \text{ m}^3/\text{s}$
 3. Peso instalación sumergida= 5400-6100 kg ; base= 900 kg
 4. Peso instalación en seco= 5400-6100 kg
 5. $P_n[\text{KW}] = 250-520$

CASABLANCA-ETAP (nueva)

Bomba utilizada: **BOMBA DE IMPULSOR DE CANAL ; GAMA 74 Nº 1 (Grundfos).**

- Requerimientos:
 1. $H = 10 \text{ m}$
 2. $Q = 1 \text{ m}^3/\text{s}$
 3. Peso instalación sumergida= 3200-3900 kg ; base= 1200 kg
 4. Peso instalación en seco= 3200-3900 kg
 5. $P_n[\text{KW}] = 35-250$

Bomba utilizada: **BOMBA AXIAL DE IMPULSOR DE CANAL; GAMA 70 E,L,M (Grundfos).**

- Requerimientos:
 1. $H = 10 \text{ m}$
 2. $Q = 0,5 \text{ m}^3/\text{s}$
 3. Peso bomba= 1250-2030 Kg
 4. $P[\text{Kw}] = 65-130$

VALDESPARTERA ACTUAL

Bomba utilizada: **BOMBA DE IMPULSOR DE CANAL; GAMA 74 Nº 5 (Grundfos).**

- Requerimientos:
 1. $H = 40 \text{ m}$
 2. $Q = 0,270 \text{ m}^3/\text{s}$

3. Peso instalación sumergida= 2500-2700 kg ; base= 330 kg
4. Peso instalación en seco= 2500-2700 kg
5. P[KW]= 200-315

BOMBEO PARQUE (canteras gravedad)

Bomba utilizada: **BOMBA DE IMPULSOR DE CANAL ; GAMA 74 Nº 2 (Grundfos).**

- Requerimientos:
 1. H= 30 m
 2. Q= 0,861 m³/s
 3. Peso instalación sumergida= 3300-3400 kg ; base= 900 kg
 4. Peso instalación en seco= 3300-3800 kg
 5. P[KW]= 160-315

Bomba utilizada: **BOMBA KBS OMEGA V ; GAMA 350-510 .**

- Requerimientos:
 1. H= 30 m
 2. Q= 0,861 m³/s
 3. Peso bomba= 865 kg ; contenido de agua= 160 kg
 4. **A)MIN =>(MOTOR 315L)= 1200 kg**
 5. **B)MAX=>(MOTOR 400)= 3200 kg**

BOMBEO LA LOTETA-FUEMPUDIA (..dudas..)

Bomba utilizada: **BOMBA DE CÁMARA PARTIDA RDLO V 600-705.**

- Requerimientos:
 1. H= 59 m
 2. Q= 1,04 m³/s
 3. Peso bomba= 4700 kg ; volumen de agua= 1300 kg ; Placa de base= 273 kg(si está sumergida)
 4. P[KW]= 1495 C.V. (Dimensionado)

LOS LEONES-ACADEMIA

Bomba utilizada: **BOMBA CENTRIFUGADORA NORMALIZADA DIN 80/250B.**

- Requerimientos:
 1. $H = 100 \text{ m}$
 2. $Q = 52 \text{ l/s}$
 3. Peso= (¿podría tratarse de un equipo de presión EPI o una bomba para pozos?)
 4. $P[\text{KW}] = 66,4-75$

MONTAÑANA

Bomba utilizada: **BOMBA MONOBLOC CON MOTOR DE EJE PROLONGADO ; SERIE NBC 65/200/22.**

- Requerimientos:
 1. $H = 30 \text{ m}$
 2. $Q = 40 \text{ l/s}$
 3. Peso bomba= 148 kg
 4. $P[\text{KW}] = 22$; $\text{HP} = 30 \text{ kw}$

ALFOCEA (pozo + sobrepresión) + VILLARRAPA

Bomba utilizada: **BOMBA SUMERGIBLE PARA POZOS PROFUNDOS A PARTIR DE 6", 8". SERIE XS855 01.**

- Requerimiento:
 1. $H = 80 \text{ m}$
 2. $Q = 2 \text{ l/s}$
 3. Peso= 26,6 kg
 4. $P[\text{Kw}] = 4,6 \text{ Max}$

Bomba utilizada: **BOMBA PARA POZOS PROFUNDOS, SERIE DPU (6" MINIMO) DPU17-09.**

- Requerimiento:
 1. $H_{\text{máx}} = 90 \text{ m}$
 2. $Q_{\text{máx}} = 10 \text{ m}^3/\text{h}$
 3. Peso bomba= 67 kg (Acero inoxidable)
 4. $P[\text{Kw}] = 5,5$

CASABLANCA ETAP vieja (fuera de uso)

Bomba utilizada: **BOMBA DE IMPULSOR DE CANAL ; GAMA 74 Nº1 (Grundfos).**

- Requerimientos:
 1. $H = 10 \text{ m}$
 2. $Q = 0,901 \text{ m}^3/\text{s}$
 3. Peso instalación sumergida= 3200-3900 kg ; base= 1200 kg
 4. Peso instalación en seco= 3200-3900 kg
 5. $P[\text{Kw}] = 35\text{-}250$

CASABLANCA-VALDESPARTERA futura (en ejecución)

Bomba utilizada: **BOMBA DE IMPULSOR DE CANAL; GAMA 74 Nº4 (Grundfos).**

- Requerimientos:
 1. $H = 40 \text{ m}$
 2. $Q = 0,406 \text{ m}^3/\text{s}$
 3. Peso instalación sumergida= 3100-3200 kg ; base= 330 kg
 4. Peso instalación en seco= 3100-3600 kg
 5. $P[\text{Kw}] = 160\text{-}315$

PEÑAFLORES (250)

Bomba utilizada: **BOMBA MONOBLOC CON MOTOR DE EJE PROLONGADO ; SERIE NBC 65/200/22.**

- Requerimientos:
 1. $Q_{\text{máx}} = 108 \text{ m}^3/\text{h}$
 2. $H_{\text{máx}} = 53,3 \text{ m}$
 3. Peso bomba= 148 kg
 4. $P[\text{Kw}] = 22$; $\text{HP} = 30 \text{ Kw}$

VILLAMAYOR (209)

Bomba utilizada: **BOMBA MONOBLOC CON MOTOR DE EJE PROLONGADO ; SERIE NBC 65/250/30.**

- Requerimientos:
 1. $H_{\text{máx}} = 65 \text{ m}$
 2. $Q_{\text{máx}} = 108 \text{ m}^3/\text{h}$
 3. Peso bomba= 239 kg
 4. $P[\text{kW}] = 30$; $\text{HP} = 40 \text{ Kw}$

ELEVACIÓN OLIVER

Bomba utilizada: **BOMBA MONOBLOC CON MOTOR DE EJE PROLONGADO ; SERIE NBC 80/160/30 (1) ; SERIE NBC 80/200/30 (2) .**

- Requerimientos (1):
 1. $H_{\text{máx}} = 32,4 \text{ m}$
 2. $Q_{\text{máx}} = 156 \text{ m}^3/\text{h}$
 3. Peso bomba= 152 kg
 4. $P[\text{Kw}] = 22$; $\text{HP} = 30 \text{ Kw}$
- Requerimientos (2):
 1. $H_{\text{máx}} = 47,7 \text{ m}$
 2. $Q_{\text{Máx}} = 156 \text{ m}^3/\text{h}$
 3. Peso bomba= 233 kg
 4. $P[\text{Kw}] = 30$; $\text{HP} = 40 \text{ Kw}$

CASABLANCA-VALDEFIERRO (fuera de uso)

Bomba utilizada: **BOMBA IL MODELO 200/330 (SERIE IL , con acoplamiento semielástico con distanciador entre bomba y motor)**

- Requerimientos:
 1. $H_{\text{máx}} = 35 \text{ m}$
 2. $Q_{\text{máx}} = 780 \text{ m}^3/\text{h}$
 3. Peso bomba(sin motor)= 386 kg
 4. $P[\text{Kw}] = ()$; 1450 r.p.m

CANTERAS IMPULSIÓN (sobrepresión)

Bomba utilizada: **BOMBA IL; MODELO 200/330 (SERIE IL , con acoplamiento semielástico con distanciador entre bomba y motor)**

- Requerimientos:
 5. $H_{\text{máx}} = 35 \text{ m}$
 6. $Q_{\text{máx}} = 780 \text{ m}^3/\text{h}$
 7. Peso bomba(sin motor)= 386 kg
 8. $P[\text{Kw}] = ()$; 1450 r.p.m

Bomba utilizada: **BOMBA KBS OMEGA V ; GAMA 200-320 .**

- Requerimientos:
 6. $H = 30 \text{ m}$
 7. $Q = 0,170 \text{ m}^3/\text{s}$
 8. Peso bomba= 450 kg ; contenido de agua= 80 kg
 9. **A)MIN** =>(MOTOR 180L)= 180 kg
 - 10.**B)MAX**=>(MOTOR 280M)= 660 kg

GARRAPINILLOS (219)

Bomba utilizada: **BOMBA MONOBLOC CON MOTOR DE EJE PROLONGADO ; SERIE NBC 50/250/15.**

- Requerimientos:
 1. $H_{\text{máx}} = 61,5 \text{ m}$
 2. $Q_{\text{máx}} = 60 \text{ m}^3/\text{h}$
 3. Peso bomba= 125 Kg
 4. $P[\text{kW}] = 15$; HP= 20 Kw

PEÑAFLORES (Las Flores, 226)

Bomba requerida: **BOMBA MONOBLOC CON MOTOR DE EJE PROLONGADO ; SERIE NBC 65/160/15.**

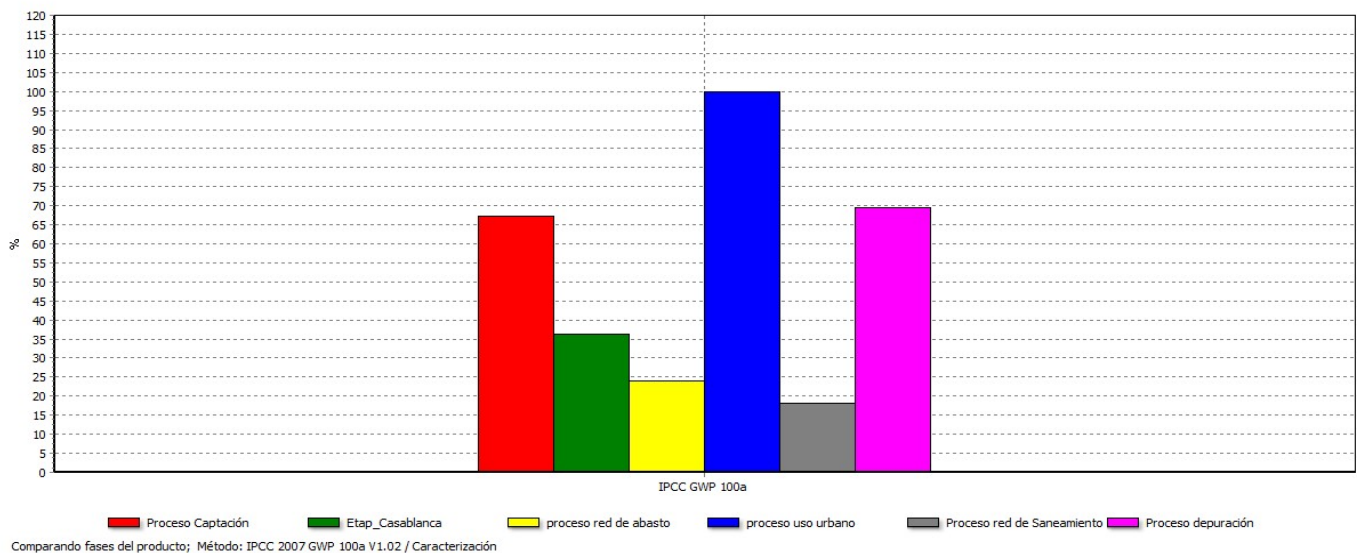
- Requerimientos:
 1. $H_{\text{máx}} = 37,7 \text{ m}$
 2. $Q_{\text{máx}} = 96 \text{ m}^3/\text{h}$
 3. Peso bomba= 120 Kg
 4. $P[\text{Kw}] = 15$; HP= 20 Kw

ANEXO B: ANALÍISIS REALIZADOS MEDIANTE EL MÉTODO IPCC A 100 AÑOS

Aquí se muestran los resultados obtenidos tras analizar el ciclo mediante el método IPCC a 100 años. El motivo por el cual se han englobado en los anexos, es debido a que solo justifica la categoría de impacto “cambio climático”. Los métodos ReCiPe MidPoint (E) y Eco-indicador 99” son mucho más completos para este ciclo ya que analizan otras categorías de impacto.

COMPARATIVA ETAPAS

COMPARATIVA GLOBAL

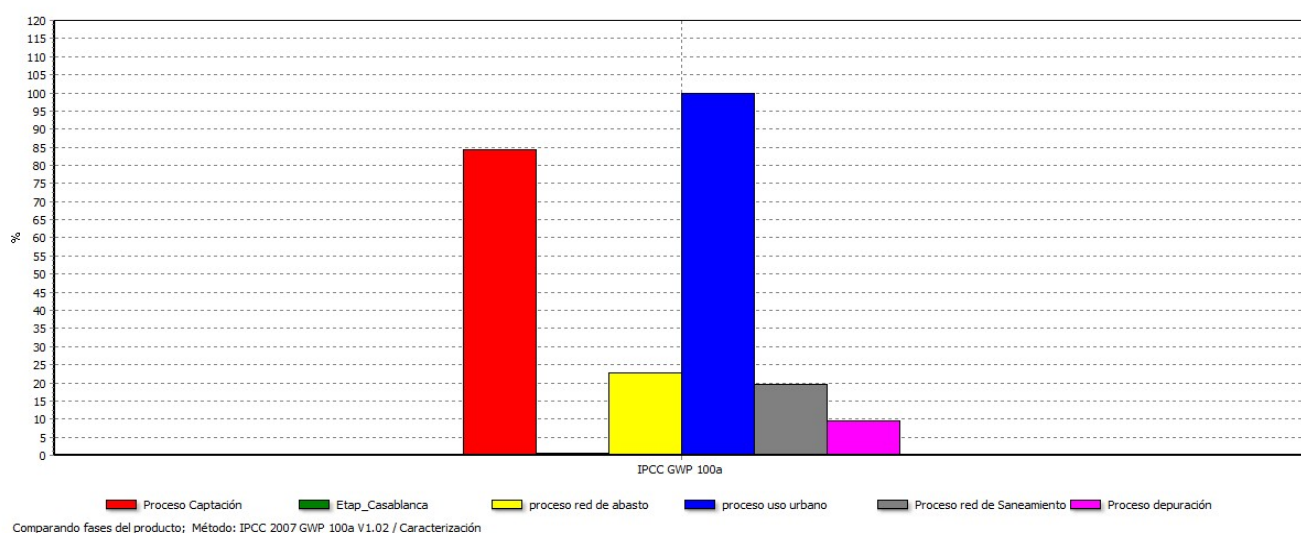


Comparativa etapas, global

Categoría de impacto	Unidad	Proceso Captación	Etap_Casablanca	proceso red de abasto	proceso uso urbano	Proceso red de Saneamiento	Proceso depuración
IPCC GWP 100a	kg CO ₂ eq	0,43718273	0,23508313	0,15641736	0,64871683	0,11788977	0,45140995

Comparativa etapas, global

COMPARATIVA OBRA CIVIL

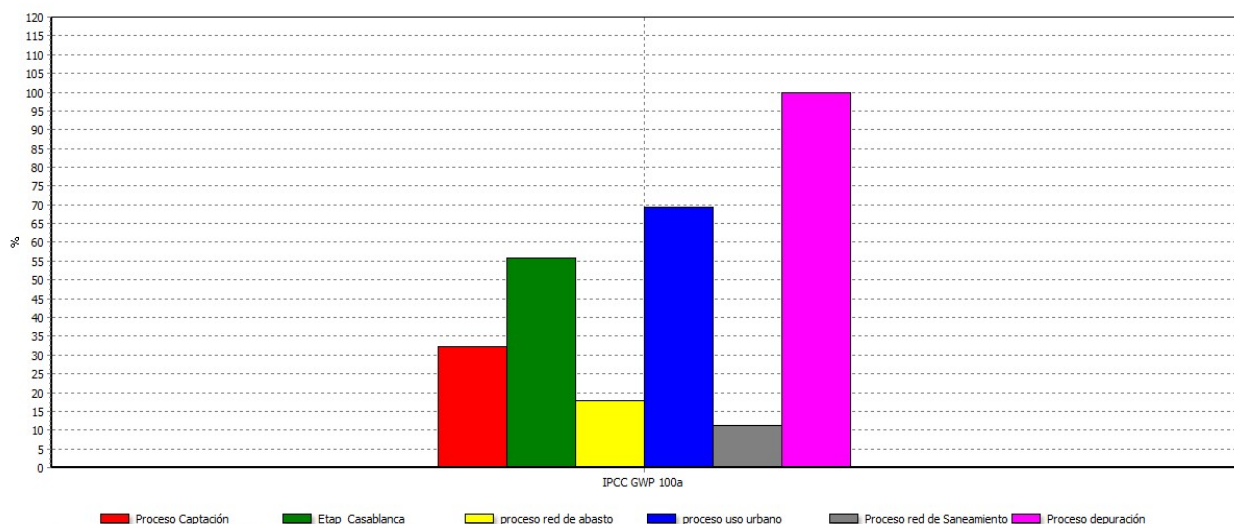


Comparativa etapas, obra civil

Categoría de impacto	Unidad	Proceso Captación	Etap_Casablanca	proceso red de abasto	proceso uso urbano	Proceso red de Saneamiento	Proceso depuración
IPCC GWP 100a	kg CO ₂ eq	0,30243421	0,00244364	0,08181339	0,35905524	0,07071365	0,03429852

Comparativa etapas, global

COMPARATIVA EXPLOTACIÓN ENERGÉTICA



Comparando fases del producto; Método: IPCC 2007 GWP 100a V1.02 / Caracterización

Comparativa etapas, explotación energética

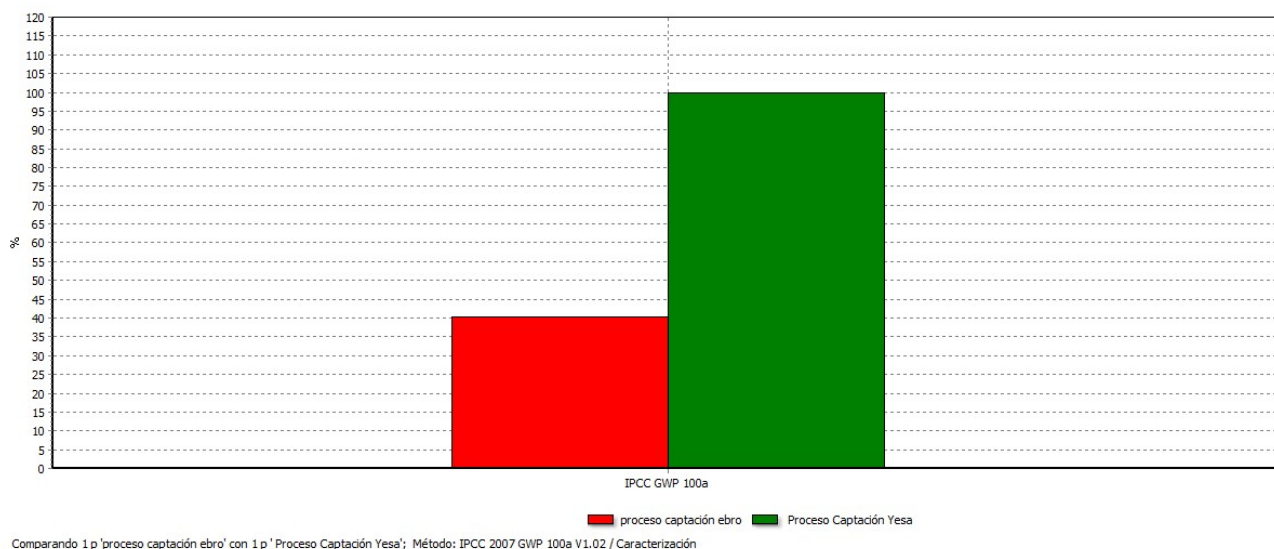
Categoría de impacto	Unidad	Proceso Captación	Etap_Casablanca	proceso red de abasto	proceso uso urbano	Proceso red de Saneamiento	Proceso depuración
IPCC GWP 100a	kg CO ₂ eq	0,1347485	0,23263949	0,074603978	0,289661594	0,047176114	0,417111

Comparativa etapas, explotación energética

COMPARATIVA SUBETAPAS

COMPARATIVA CAPTACIÓN

COMPARATIVA GLOBAL

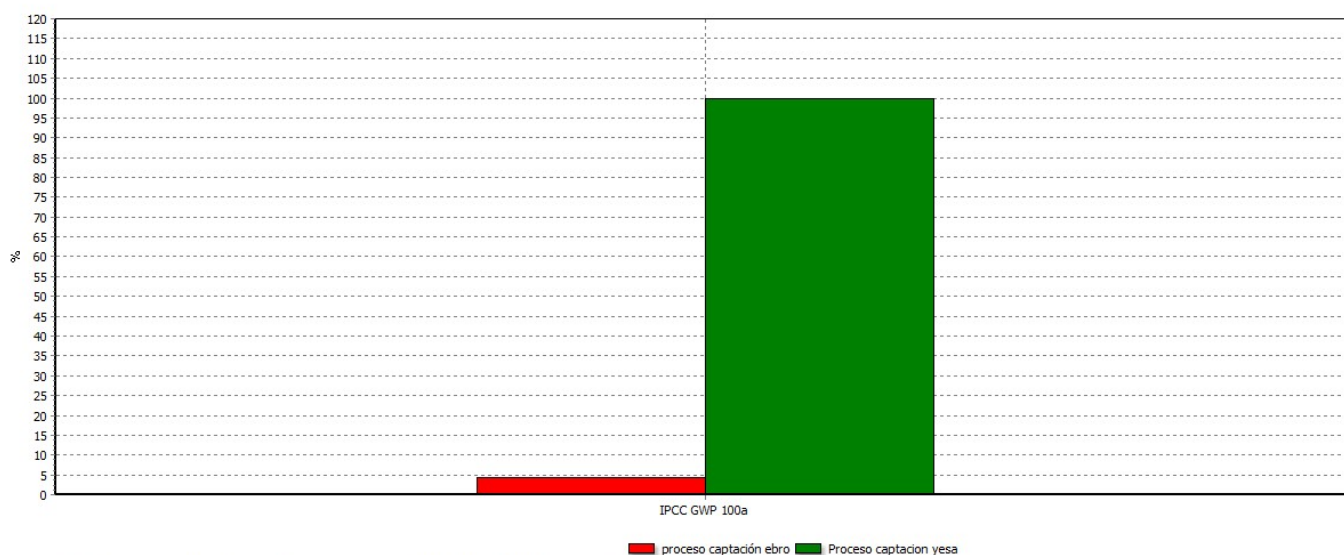


Comparativa captación, global

Categoría de impacto	Unidad	proceso captación ebro	Proceso Captación Yesa
<i>IPCC GWP 100a</i>	kg CO ₂ eq	0,12567339	0,31150934

Comparativa captación, global

COMPARATIVA OBRA CIVIL



Comparando 1 p 'proceso captación ebro' con 1 p 'Proceso captación yesa'; Método: IPCC 2007 GWP 100a V1.02 / Caracterización

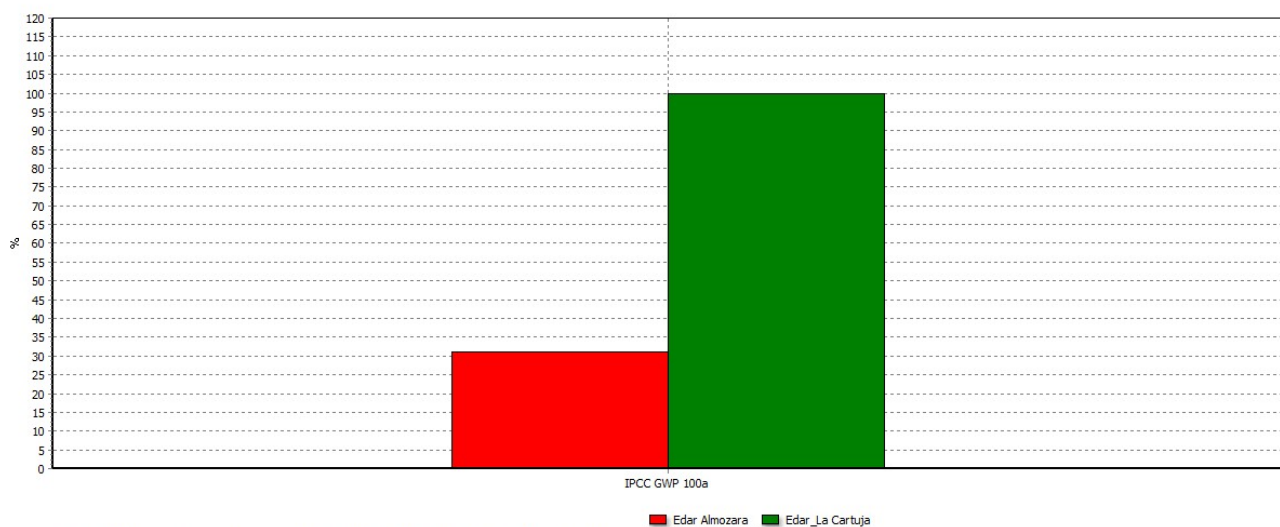
Comparativa captación, obra civil

Categoría de impacto	Unidad	proceso captación ebro	Proceso captacion yesa
<i>IPCC GWP 100a</i>	kg CO ₂ eq	0,012728832	0,289705373

Comparativa captación, obra civil

COMPARATIVA DEPURACIÓN

COMPARATIVA GLOBAL



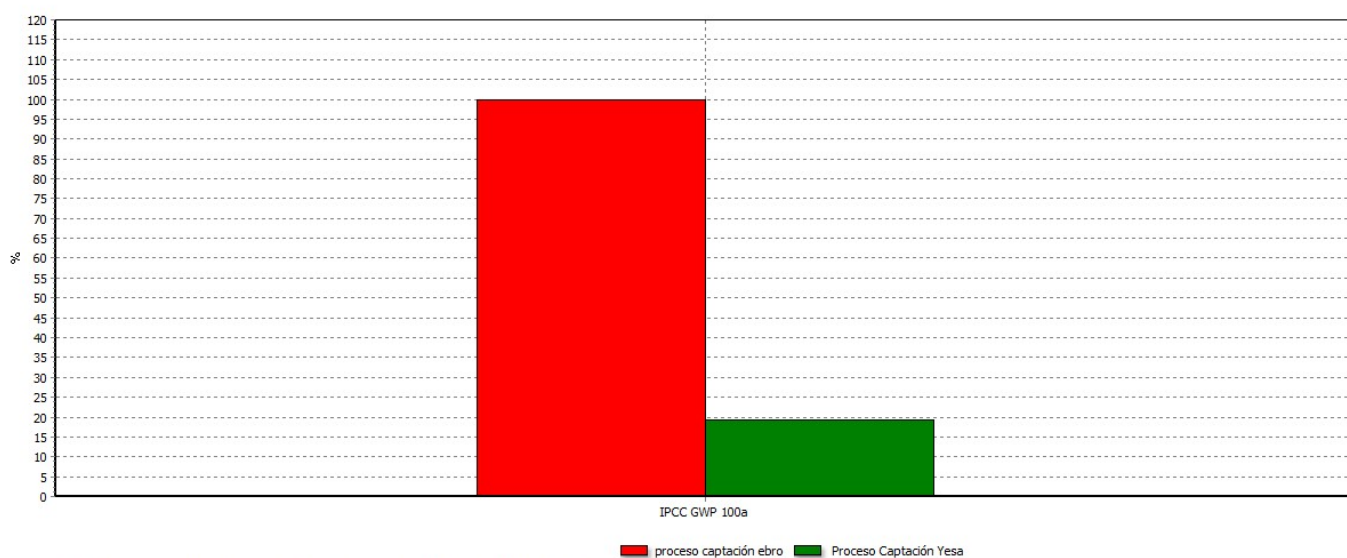
Comparando 1 p 'Edar Almozara' con 1 p 'Edar_La Cartuja'; Método: IPCC 2007 GWP 100a V1.02 / Caracterización

Comparativa depuración, global

Categoría de impacto	Unidad	Edar Almozara	Edar_La Cartuja
<i>IPCC GWP 100a</i>	kg CO ₂ eq	0,106808887	0,34460106

Comparativa depuración, global

COMPARATIVA EXPLOTACIÓN ENERGÉTICA

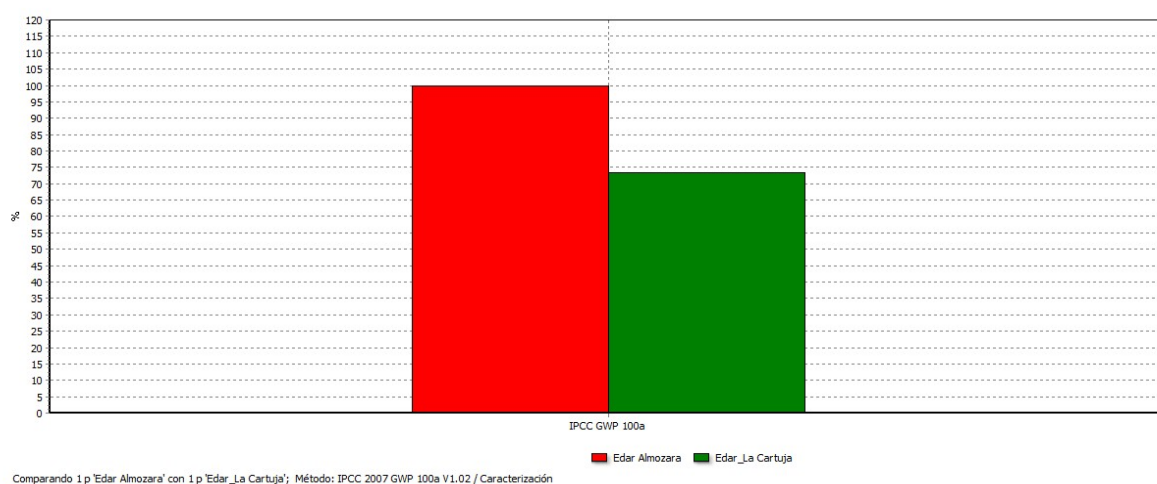


Comparativa captación, explotación energética

Categoría de impacto	Unidad	proceso captación ebro	Proceso Captación Yesa
IPCC GWP 100 ^a	kg CO ₂ eq	0,112944553	0,021803968

Comparativa captación, explotación energética

COMPARATIVA OBRA CIVIL



Comparativa depuración, obra civil

Categoría de impacto	Unidad	Edar Almozara	Edar_La Cartuja
<i>IPCC GWP 100a</i>	kg CO ₂ eq	0,019786327	0,014512193

Comparativa depuración, obra civil

ANEXO C: MATERIALES UTILIZADOS EN EL SIMAPRO PARA EL DESARROLLO EL ACV

En este anexo figuran todos los materiales que han intervenido en el ciclo de vida. Para realizarlo ha sido necesario acudir a la base de datos del SimaPro.

El fin de esta clasificación es facilitar la comprensión y lectura de datos a la hora de sacar conclusiones, así como dejar claro, la ardua tarea de recopilación de datos del ICV.

MATERIALES

FIBROCEMENTO: *Portland Cement, strength class Z 52,5, at plant/CH U*

Procesos incluidos: incluye los procesos de fabricación de mezcla y molienda, procesos internos (transporte, etc) e infraestructura (máquinas específicas y de las plantas).

Biblioteca: *Ecoinvent unit processes.*

CHAPA DE ACERO: *Steel, low-alloyed, at plant/RER U.*

Procesos incluidos: Mezcla de diferentes aceros producidos y laminación en caliente.

Biblioteca: *Ecoinvent unit processes.*

MALLA PLÁSTICA: *Fleece, polyethylene at plant/RER U*

Procesos incluidos: materias primas y productos químicos utilizados para la producción, el transporte de materiales a planta de fabricación, el consumo de

energía y las cantidades de residuos de una empresa. Infraestructura de la planta como una aproximación. Biblioteca: ***Ecoinvent unit processes***.

FUNDICIÓN DÚCTIL: ***Cast iron at plant/RER U.***

Procesos incluidos: Transporte de metal y otros materiales de entrada al horno de arco eléctrico, fundición y refinación de procesos y de calidad. Nota: el 35% y el 65% de chatarra de hierro fundido se sume como entrada de hierro; Geografía: Los datos se refieren a las plantas en la UE. Tecnología: horno de arco eléctrico para la fusión. El consumo de energía y las emisiones de la fabricación de acero EA. Biblioteca: ***Ecoinvent unit processes***.

HORMIGÓN: ***Concrete block at plant/DE U.***

Procesos incluidos: incluye el hormigón de las materias primas normal es que se vierte en un molde, secada al aire y se envasan. Algunos medios de transporte y la infraestructura también están incluidos. Nota: No y no las pérdidas de aguas residuales se han tenido en cuenta. El hormigón utilizado es "de hormigón normal". Biblioteca: ***Ecoinvent unit processes***.

PRFV: ***Glass fibre reinforced plastic, polyester resin, hand lay-up, at plant/RER U.***

Moldeado de fibra de vidrio con resina de poliéster. Biblioteca: ***Ecoinvent unit processes***

POLIETILENO: ***Polyethylene, HDPE, granulate, at plant/RER U.***

Procesos incluidos: Los datos agregados de todos los procesos de extracción de materias primas hasta la entrega en la planta. Biblioteca: ***Ecoinvent unit processes.***

POLIPROPILENO: ***Polypropylene resin, at plant.***

Procesos incluidos: sin especificar.

Biblioteca: ***Ecoinvent unit processes.***

PVC: ***Polyvinylchloride, at regional storage, RER U.***

Procesos incluidos: Este conjunto de datos es una media europea del PVC mezcla de los dos importantes tipos de PVC (suspensión, emulsión de PVC). Además, este conjunto de datos contiene un promedio de transporte desde el lugar de producción hasta un lugar de almacenamiento regional.

Biblioteca: ***Ecoinvent unit processes.***

ARENA: ***Sand, at mine/CH U.***

Procesos incluidos: Incluye el proceso de fabricación para la excavación de la ronda de grava y arena (no grava triturada), los procesos internos (transporte, etc), y la infraestructura para la explotación (maquinaria). El uso de la tierra de la mina (incluyendo caminos no pavimentados) se incluye directamente.

Biblioteca: ***Ecoinvent unit processes.***

GRAVA: ***Gravel unspecified, at mine/CH U.***

Procesos incluidos: incluye el proceso de fabricación, los procesos internos (transporte, etc) y la infraestructura. No se incluye la administración. La nueva puesta en cultivo se tiene en cuenta.

Biblioteca: ***Ecoinvent unit processes.***

LADRILLO: ***Brick, at plant/RER U.***

Procesos incluidos: incluye primer proceso ginding, proceso húmedo (incluye ginding segundos, la mezcla y plastificantes), el almacenamiento, la formación (método de moldeo por extrusión) y el corte, secado, cocción, de carga, embalaje y almacenamiento.

Biblioteca: ***Ecoinvent unit processes.***

GRES: ***Sanitary ceramics, at regional storage/CH U.***

Procesos incluidos: incluyendo el transporte de materias primas a la fábrica.

Biblioteca: ***Ecoinvent unit processes.***

HORMIGÓN+LADRILLO: ***Lightweight concrete block , expanded clay at plant/CH U.***

Procesos incluidos: Incluye las materias primas, su transporte a la planta de acabados, el secado al aire, el embalaje, la infraestructura y la eliminación de aguas residuales y algunos sólidos domiciliarios (por ejemplo, material de embalaje) de residuos.

Biblioteca: ***Ecoinvent unit processes.***

ACERO: ***Reinforcing steel, at plant/RER U.***

Procesos incluidos: Mezcla de diferentes aceros producidos y laminación en caliente.

Biblioteca: ***Ecoinvent unit processes.***

ARCILLA: ***Light clay brick, at plant/DE U.***

Procesos incluidos: Incluye la arcilla de materias primas de paja, y el agua, su transporte a la planta de acabados, la energía de secado, el embalaje y la infraestructura. Al lado del producto, algunos sólidos domiciliarios (por ejemplo, material de embalaje) de residuos se tiene en cuenta.

Biblioteca: ***Ecoinvent unit processes.***

CARBON: ***Hard coal, at plant/EEU U.***

Procesos incluidos: El módulo representa el promedio de las condiciones operativas en la región geográfica correspondiente. Se cuantifica la zona directamente afectada y la ocupación durante la operación de la mina. Las

necesidades de electricidad, calor y diesel para la operación minera se incluyen.

Aguas subterráneas, los explosivos, las emisiones al aire y al agua, residuos sólidos y completar el módulo. No se incluye el metano recuperado.

Nota: Los datos promedio de la minería del carbón en la región específica han sido extraídos de un estudio global de los flujos de materiales y usos de la energía. Los datos se normalizaron por la unidad de masa de carbón que se produce, incluyendo la preparación y sin diferenciar carbón térmico del resto.

Biblioteca: ***Ecoinvent unit processes.***

COBRE: ***Cooper, at regional storage/RER U.***

Procesos incluidos: Transporte del metal primario a Europa desde los países importadores de Europa, se procesa en Alemania.

Biblioteca: ***Ecoinvent unit processes.***

ASFALTO: ***Bitumen, at refinery/RER U.***

Procesos incluidos: Todos los procesos en la refinería excluyendo las emisiones de las instalaciones de combustión, incluyendo el tratamiento de aguas residuales, las emisiones de proceso y las descargas directas a los ríos.

Biblioteca: ***Ecoinvent unit processes.***

FIBRA DE VIDRIO: ***Glass fibre, at plant/RER U.***

Procesos incluidos: El transporte para la producción de fibra de vidrio.

Biblioteca: ***Ecoinvent unit processes.***

FILTRO DE TELA: ***Textile, Jute, at plant/IN U.***

Procesos incluidos: incluye la elaboración y transporte del material.

Biblioteca: ***Ecoinvent unit processes.***

LADRILLO REFRACTARIO: ***Refractory, Basic, packed, at plant/DE U.***

Procesos incluidos: Incluye el proceso de fabricación, los procesos internos (transporte, etc), el embalaje y la infraestructura. No se incluye la administración.

Biblioteca: ***Ecoinvent unit processes.***

VIDRIO: ***Flat glass, uncoated, at plant/RER U.***

Procesos incluidos: incluye el proceso de fabricación para producir vidrio plano (provisión de materias primas, además de casco de vidrio, proceso de fusión, proceso de formación (en el baño de flotación), el proceso de enfriamiento(recocido Lehr), el proceso de corte y almacenamiento), los procesos internos (transporte, etc.) y la infraestructura.

Biblioteca: ***Ecoinvent unit processes.***

ZAHORRA: ***Gravel, crushed, at mine/CH U.***

Procesos incluidos: incluye el proceso de fabricación, los procesos internos (transporte, etc) y la infraestructura. No se incluye la administración.

Biblioteca: ***Ecoinvent unit processes.***

ACERO GALVANIZADO: ***Galvanized steel sheet, at plant/RNA.***

Procesos incluidos: Incluye la extracción de piedra caliza, cal de producción, exploración, explotación y procesamiento de mineral de hierro y el carbón, el transporte a la fábrica por barco, ferrocarril y camión (cal viva, dolomita, mineral de hierro y carbón), los procesos primarios (plantas de sinterización, el coque hornos, estufas, calderas, altos hornos y BOF), la línea de fundición, laminación en caliente, laminación en frío y compleja línea de galvanizado.

Biblioteca: ***USLCI.***

RUTILO: ***Rutile, 95%, titanium dioxide, at plant/AU U.***

Procesos incluidos: El proceso incluye material y energía, las emisiones y el uso del suelo para la extracción de arenas minerales.

Biblioteca: ***Ecoinvent unit processes.***

DIOXIDO DE CLORO: ***Chlorine dioxide, at plant/RER U.***

Procesos incluidos: materias primas y productos químicos utilizados para la producción, el transporte de materiales a planta de fabricación, se estiman las emisiones al aire y el agua de producción (incompleta), la estimación de la

demanda de energía y la infraestructura de la planta(una aproximación). Los residuos sólidos se omiten.

Biblioteca: ***Ecoinvent unit processes.***

SULFATO DE ALUMINIO: ***Aluminium sulphate, powder, at plant/RER U.***

Procesos incluidos materias primas y el consumo de energía para la producción, la estimación de la infraestructura (una aproximación). No hay emisiones al aire y agua, además de calor residual.

Biblioteca: ***Ecoinvent unit processes.***

ÁCIDO SULFÚRICO: ***Sulphuric acid, liquid, at plant/RER U.***

Procesos incluidos: El inventario incluye la obtención de SO₂ que contienen gas (a través de la oxidación del azufre que contienen las materias primas: azufre elemental, pirita, otros minerales de sulfuro o ácidos usados). Se incluye también la conversión de SO₂ a SO₃ y la absorción de SO₃ en solución (ácido sulfúrico en agua) para producir ácido sulfúrico.

Biblioteca: ***Ecoinvent unit processes.***

HIDROXIDO DE SODIO: ***Sodium hydroxide, production mix, at plant/RER U.***

Procesos incluidos: Proceso de establecimiento de un promedio de la producción europea de hidróxido de sodio a partir de las tres tecnologías diferentes de células de electrólisis (el mercurio, el diafragma, membrana).

Biblioteca: ***Ecoinvent unit processes.***

CLORURO DE SODIO: ***Sodium chloride, powder, at plant/RER U.***

Procesos incluidos: este módulo incluye el proceso de extracción de cloruro de sodio, la limpieza de las impurezas forma, y la etapa de secado. Se vende a granel y por lo tanto no se incluyen los materiales de embalaje.

Biblioteca: ***Ecoinvent unit processes.***

ACIDO CLORHÍDRICO: ***Hydrochloric acid, at plant/RER U.***

Procesos incluidos: materias primas y productos químicos utilizados para la producción, el transporte de materiales a planta de fabricación, las emisiones al aire y el aguade la producción, la estimación de la demanda de energía y la infraestructura de la planta.

Biblioteca: ***Ecoinvent unit processes.***

CLORURO FÉRRICO (III): ***Iron (III) chloride, at plant/CH U.***

Procesos incluidos: Producción de cloruro de hierro (III), solución de cloruro de hierro de desecho, pasos para decapado de ácidos, cloruro de hidrógeno y cloro.

Biblioteca: ***Ecoinvent unit processes.***

UREA: ***Ureum ETH S.***

Biblioteca: ***LCA Food DK.***

CARBONATO POTÁSICO: ***Potassium carbonate, at plant/GLO U.***

Procesos incluidos: producción de carbonato de potasio, incluyendo materiales, usos de la energía, la infraestructura y las emisiones.

Biblioteca: ***Ecoinvent unit processes.***

SILICIO: ***MG-silicon, at plant/NO U.***

Procesos incluidos: Inventario para la producción de MG-silicio de la arena de sílice, incluyendo materiales, el uso de energía, residuos y emisiones a la atmósfera.

Biblioteca: ***Ecoinvent unit processes.***

ALUMINIO: ***Aluminium, primary, at plant/RER U.***

Procesos incluidos: Incluye la producción de fundición de lingotes de aluminio (con suplanta), transporte de materiales a la planta y la eliminación de los desechos.

Biblioteca: ***Ecoinvent unit processes.***

HIERRO: *Pig iron, at plant/GLO U.*

Procesos incluidos: proceso de alto horno y transporte del material.

Biblioteca: *Ecoinvent unit processes.*

PROCESOS ENERGÉTICOS

ELECTRICITY, PRODUCTION MIX ES/ES U

Procesos incluidos: Incluye la participación en la producción nacional de electricidad por la tecnología en la barra .No incluye la transformación, el transporte, ni las pérdidas de distribución.

Biblioteca: *Ecoinvent unit processes.*

TRANSPORT, NATURAL GAS, PIPELINE, LONG DISTANC/RER U

Procesos incluidos: Este conjunto de datos describe el consumo de energía y las emisiones asociadas al transporte de un promedio del gas natural en Europatkm.

Nota: La composición media (de las fugas) del gas corresponde al módulo de "gas natural, en el RER larga distancia de transporte"

Biblioteca: *Ecoinvent unit processes.*

LISTA DE FIGURAS

[Figura 1] Imagen del ciclo integral del agua urbano.....	24
[Figura 2] Esquema partes del ciclo integral del agua.....	25
[Figura 3] Esquema ecodiseño. (Dr.Joan Rieradevall i Pons, 2007).....	38
[Figura 4] Imagen ACV .(Dr. Joan Rieradevall i Pons, 2007).	39
[Figura 5] Ejemplode un sistema armonizadode cambioclimático ala salud humana yel daño al ecosistema desde un punto medio hasta un punto final. (http://www.lcia-recipe.net/) 48	
[Figura 7] Esquema tratamiento potabilización de aguas crudas, (ciclo del agua 2008, Zaragoza).....	63
[Figura 10] Esquema de proceso de potabilización ETAP Casablanca en Zaragoza. 71	
[Figura 11] Vista en planta de la potabilizadora de Casablanca en Zaragoza.....	74
[Figura 12] Esquema de proceso de depuración de la EDAR La Cartuja en Zaragoza. 75	
[Figura 13] Imagen aérea de la EDAR de La Cartuja.	78
[Figura 14] Esquema de proceso de depuración EDAR La Almozara en Zaragoza..	79
[Figura 15] Imagen aérea de la EDAR La Almozara en Zaragoza.	84
[Figura 16] Curva de potencia de bombeos de gran caudal.....	92
[Figura 17] Curva de potencia de los bombeos de distribución.....	93
[Figura 18] Esquema general de árbol del ACV del ciclo integral del agua en Zaragoza 105	
[Figura 19] Comparativa global	106
[Figura 20] Comparativa entre etapas, obra civil.....	110
[Figura 21] Comparativa entre etapas, explotación	113

[Figura 22] Gráfica global comparativa entre la captación de Yesa y la del Ebro....	116
[Figura 23] Comparativa obra civil.....	118
[Figura 24] Comparativa entre las explotaciones energéticas	120
[Figura 25] Gráfica comparativa entre EDARs	122
[Figura 26] Comparativa entre EDARs, obra civil	124
[Figura 27] Tabla comparativa entre EDARs, explotación energética	126
[Figura 28] Tabla comparativa entre etapas.....	128
[Figura 29] Gráfico comparativa etapas, obra civil	131
[Figura 30] Gráfico comparativo etapas, explotación energética.....	134
[Figura 31] Gráfico comparativo etapas, puntuación única	135
[Figura 32] Gráfico comparativo EDARs, puntuación única	136

BIBLIOGRAFÍA

- [1] **AGA (2010).***El ciclo integral del agua. Asociación Española de Empresas Gestoras de los Servicios de Agua a Poblaciones.* Disponible en:<http://www.asoaga.org> (último acceso 21/12/10)
- [2] **Aristu, I. (2009).** Artículo: *El agua de Yesa llega hoy a Zaragoza, pero la mejora se notará a mitad de semana.* Editorial Heraldo de Aragón del 22/06/2009. Disponible en:http://www.heraldo.es/noticias/aragon/zaragoza/el_agua_yesa_llega_hoy_zaragoza_pero_mejora_notara_mitad_semana.html(último acceso 04/01/11)
- [3] **Ayto. Zaragoza (2005).***Planta Potabilizadora de Casablanca.* Área de Urbanismo, Vivienda y Medio Ambiente. Disponible en:http://www.unizar.es/actividades_fq/potabilizadora_con/actividad.pdf (último acceso 04/01/11)
- [4] **Ayto. Zaragoza (2009).***Atlas Zaragoza, documento F.* Disponible en:http://www.zaragoza.es/contenidos/Atlas_Zaragoza_2009/Atlas_F.pdf(último acceso 04/01/11)
- [5] **Ayto. Zaragoza (2009).***Noticia: “Inaugurados los nuevos depósitos de Casablanca, principal reserva de agua potable de la ciudad” (09/06/2009).* Publicado por Ayto. Zaragoza. Disponible en:http://www.zaragoza.es/ciudad/noticias/detalleM_Noticia?id=82008 (último acceso 11/02/11)

- [6] **Ayto. Zaragoza (2008).** *Planta Depuradora de La Almozara.* Área de Urbanismo, Vivienda y Medio Ambiente.
- [7] **Bernaus, V. (2007).** *Capítulo III. Descripción EDAR.* Universidad Politécnica de Cataluña. Disponible en: <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/5942/6/05.pdf> (último acceso 04/01/11)
- [8] **Ayto. Zaragoza (2008).** *Planta Depuradora de La Cartuja.* Área de Urbanismo, Vivienda y Medio Ambiente.
- [9] **Ayto. Zaragoza (2008).** *Ciclo integral del agua.* Área de Urbanismo, Vivienda y Medio Ambiente.
- [10] **Aranda et al (2006).** *El análisis del ciclo de vida.* FC EDITORIAL.
- [11] **Cobacho, R., Cabrera, E. y Pardo, M.A. (2008).** *Necesidad de mejorar la eficiencia en la distribución y el uso de agua y energía.* ITA y Universidad Politécnica de Valencia. Disponible en: http://www.zaragoza.es/contenidos/medioambiente/cajaAzul/14S5-P1-%20Ricardo_CobachoACC.pdf (último acceso 07/01/11)
- [12] UGT ARAGÓN (2008). Proyecto de mejora para un uso sostenible y racional de los recursos hídricos.
Disponible en:
<http://aragon.ugt.org/mambiente/Agua/LIBRO%20MONTAJE.pdf>
- [13] **Mark Goedkoop et al. (2006).** *Manual práctico del ecodiseño.*

- [14] **Consorcio de Aguas de Asturias (2001).** *ETAP de Rioseco*. Ed. Gráficas Covadonga. Disponible en: <http://www.consorcioaa.com/cmscaa/export/sites/default/CAA/documentos/rios-eco-procesos.pdf> (último acceso 04/01/11)
- [15] **Ministerio de educación, ciencia y tecnología (2010).** *El ciclo de vida*.
- [16] **Delgadillo, A. y Ramirez, O.(2005).** *Potabilización de aguas. Aqua Purificacion Systems*. Disponible en: <http://www.aquapurificacion.com/agua-municipal.htm> (último acceso 04/01/11)
- [17] **BECOSA (2006).** Datos de partida del inventario, cálculos e hipótesis. Universidad de Sevilla (US).
- [18] **Página oficial del eco-indicador 99”.**
Disponible en: <http://www.pre.nl/contact.htm>
- [19] **Página oficial del IPCC.**
Disponible en: <http://www.ipcc.ch/contact/contact.htm>
- [20] **Entralgo, J. R. (1995).** *Políticas urbanas de saneamiento. El caso de la ciudad de Zaragoza*. Ed. Revista del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, nº 31, Saneamiento I. Disponible en: http://hispagua.cedex.es/documentacion/revistas/op/31/op31_5.htm#depuradora (último acceso 25/01/11)

- [21] **Entralgo, J. R. (2005).** *Generación de energía en el tratamiento de los residuos procedentes de la depuración de aguas residuales.* II Catálogo Aragonés de buenas prácticas ambientales. Gobierno de Aragón. Disponible en: <http://portal.aragon.es/portal/page/portal/MEDIOAMBIENTE/EDUAMB/SENSIBILIZACION/CATALOGO/INDICE/50.PDF> (último acceso 26/01/11)
- [22] **Entralgo, J. R. (2010).** *Actuaciones desarrolladas por el Ayuntamiento de Zaragoza en la mejora de la prestación de los servicios del ciclo del agua.* Ed. Ayuntamiento de Zaragoza. Disponible en: http://www.un.org/waterforlifedecade/swm_cities_zaragoza_2010/pdf/01_suwm_conf_action_policy_municipal_day_0.pdf (último acceso 18/01/11)
- [23] **Página oficial del ReCiPe.**
Disponible en: <http://www.lcia-recipe.net/>
- [24] **Fernández Francos, J. (2007).** *Abastecimiento de agua a núcleos urbanos.* Apuntes Ingeniería fluidodinámica (Dpto. IMEM, Universidad Extremadura). Disponible en: <http://eii.unex.es/profesores/mfluidos/Docencia/Ing%20Fluidodinamica%20P%20Epanet.pdf> (último acceso 04/01/11)
- [25] **Zabalza Bribián, Ignacio (2010).** *Adaptación de la metodología del análisis de ciclo de vida para la evaluación y la mejora del impacto energético y ambiental de la edificación en España.*

- [26] **Flores Bados, J. (2008).** *Proyecto Sostaqua: desarrollos Tecnológicos hacia el Ciclo Urbano del Agua Autosostenible.* Aguas de Barcelona, CETaqua y CONAMA. Disponible en: http://www.conama9.org/conama9/download/files/CTs/987984778_JFlores.pdf (último acceso 07/01/11)
- [27] **Rosa Gemma Raluy Rivera (2009).** *Evaluación ambiental de la integración de procesos de producción de aguas con sistemas de producción de energía.*
- [28] **Garrido, A. (2007).** *Agua y cambio climático (reunión de la comisión de expertos).* Región de Murcia y EPA. Disponible en: http://www.ecorresponsabilidad.es/pdfs/orcc/agua_cambio_climatico_amalio_garrido.pdf (último acceso 07/01/11)
- [29] **Elena Benedi (2008).** *Selection of sustainability indicators through an iterative life cycle analysis procedure for the Zaragoza urban water system.*
- [30] **Guillermo Penagos (2007).** *System analysis of Zaragoza urban water system (Spain): a preliminary assessment of environmental sustainability.*
- [31] **Catálogo de grundfos (España).**
Disponible en: www.grundfos.es
- [32] **Catálogo de ABB (España).**
Disponible en: www.abb.es/

[33] **Catálogo de KBS (España).**

Disponible en: www.ksb.com/ksb/web/CL/es/CL_es_root.html

[34] **La Razón (2006).** *El agua en la ciudad*. Periódico la Razón del 27/08/2006.

Disponible

en: http://www.epamurcia.org/imagenes/agua/20071231000P%C3%A1ginas_de_el_agua_en_la_ciudad2-2.pdf (último acceso 04/01/11)

[35] **Catálogo bombas normalizadas serie IN.**

Disponible en: www.itur.es/CE-IN.pdf

[36] **Catalogo bombas para pozos profundos.**

Disponible en:

https://portal.espagroup.com/portal/page/.../flet4005es_xs8.pdf

[37] **Catálogo bombas normalizadas serie IL.**

Disponible en: www.itur.es/CE-IL.pdf

[38] **Dr. Joan Rieradevall i Pons (2007).** *En Análisis de ciclo de vida*.

[39] **Mariña, A. (2004).** *Captación de las aguas urbanas*. Agenda 21 y Concello de Burela (Lugo). Disponible en: <http://www.burela.org/agenda21/04-01.htm> (último acceso 04/01/11)

- [40] **Martínez Lorente, F. (2003).** *El ciclo del agua*. Instituto Nacional de Meteorología. Disponible en: <http://www.meteored.com/ram/799/meteorologa-ivel-vapor-de-agua-y-su-influencia-en-los-fenmenos-meteorolgicos> (último acceso 21/12/10)
- [41] **Palacios Izaguirre, J. (2010).** *EDAR La Cartuja (Zaragoza)*. Ed. Unión Temporal de Empresas de la Depuración de Zaragoza (UTEDEZA) y VEOLIA Agua. Disponible en: http://catedramln.unizar.es/conferencias/tratamiento_agua_2010/Palacios.pdf (último acceso 18/01/11)
- [42] **Pardo Picazo, M. A. (2010).** *Influencia de los costes del agua y la energía en la renovación de tuberías* (Tesis Doctoral). Universidad Politécnica de Valencia. Disponible en: <http://dspace.upv.es/xmlui/bitstream/handle/10251/8426/tesisUPV3310.pdf?sequence=1> (último acceso 07/01/11)
- [43] **Santos, J.A. (2001).** *Esquema EDAR*. Publicado por www.geocities.com Disponible en: <http://platea.pntic.mec.es/jojimene/EsquemaEDAR.PDF> (último acceso 04/01/11)
- [44] **UGT Aragón, (2008).** *La gestión y la eficiencia del uso del ciclo integral del agua en la ciudad de Zaragoza*. Disponible en: <http://aragon.ugt.org/mambiente/Agua/LIBRO%20MONTAJE.pdf> (último acceso 04/01/11)

- [45] **Zabalza, I., Aranda, A., Scarpellini, S., Llera, E., Martínez, A., (2008).**
Energías renovables en Aragón. CIRCE, CREA, CAI y Cámaras Aragón.
Disponible en:
<http://www.crea.es/economia/pdf/Energias%20Renovables%20en%20Aragon.pdf>
(último acceso 10/02/11)